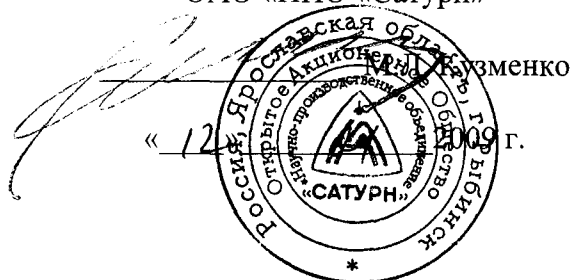


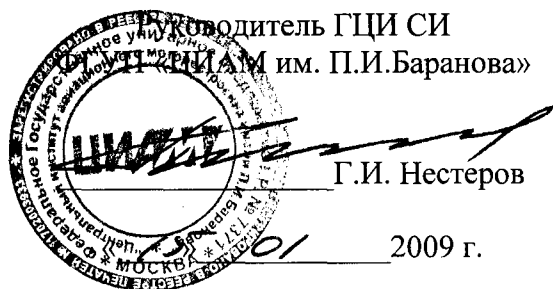
**СОГЛАСОВАНО**

Технический директор -  
Генеральный конструктор  
ОАО «НПО «Сатурн»



**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель ГЦИ СИ  
ФГУП «ВНИИМ им. П.И.Баранова»



**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ  
ИНФОРМАЦИИ DAS-1-27/28**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

МП DAS-1-27/28

пр. 40650-09

Москва  
2009

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И ТЕРМИНЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>6</b>
<b>1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Операции поверки МИС .....	8
1.2 Операции поверки ИК МИРТ .....	8
1.3 Операции поверки МИРВ .....	9
1.4 Операции поверки МИД .....	9
1.5 Операции поверки МИТ .....	10
1.6 Операции поверки МИЧВР .....	10
1.7 Операции поверки МИВ.....	11
<b>2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....</b>	<b>11</b>
2.1 Средства поверки МИС .....	11
2.2 Средства поверки МИРТ.....	12
2.2.1 Электронные части каналов .....	12
2.2.2 Первичные преобразователи.....	12
2.3 Средства поверки МИРВ.....	13
2.3.1 Электронная часть ИК .....	13
2.3.2 Первичные преобразователи.....	14
2.4 Средства поверки МИД .....	14
2.5 Средства поверки МИТ .....	15
2.5.1 Электронные части каналов .....	15
2.5.2 Первичные преобразователи (термометры сопротивлений).....	16
2.6 Средства поверки МИЧВР .....	16
2.7 Средства поверки МИВ .....	17
2.7.1 Электронная часть канала .....	17
2.7.2 Первичный преобразователь .....	17
<b>3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ .....</b>	<b>18</b>
<b>4 ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>18</b>
<b>5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ .....</b>	<b>19</b>
5.1 Подготовка к поверке МИС.....	19
5.2 Подготовка к поверке МИРТ .....	20
5.3 Подготовка к поверке МИРВ .....	21
5.4 Подготовка к поверке МИД.....	22
5.5 Подготовка к поверке МИТ .....	23
5.6 Подготовка к поверке МИЧВР .....	24
5.7 Подготовка к поверке МИВ.....	24
<b>6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>25</b>
6.1 Проведение поверки МИС .....	25
6.1.1 Определение порога реагирования МИС .....	25
6.1.2 Определение коэффициента устойчивости МИС .....	25
6.1.3 Определение случайной погрешности МИС .....	26
6.1.4 Определение систематической погрешности МИС .....	26
6.1.5 Определение суммарной погрешности МИС .....	27
6.2 Проведение поверки МИРТ .....	27
6.2.1 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК модуля	27
6.2.2 Определение систематических погрешностей турбинных преобразователей	
объемного расхода топлива .....	29
6.2.3 Определение систематической погрешности денсиметра .....	29

6.2.4	Определение суммарной погрешности МИРТ .....	30
6.3	Проведение поверки МИРВ .....	30
6.3.1	Определение систематических погрешностей многодиапазонных сканеров давления .....	30
6.3.1.1	Поверка многодиапазонного сканера давлений «НР» .....	30
6.3.1.2	Поверка многодиапазонного сканера давлений «IP» .....	31
6.3.2	Определение систематических погрешностей электронных частей ИК температуры модуля .....	31
6.3.3	Определение суммарных погрешностей ИК температуры .....	31
6.3.4	Определение суммарной погрешности ИК массового расхода воздуха .....	31
6.4	Проведение поверки МИД .....	32
6.4.1	Определение систематических погрешностей ИК .....	32
6.4.2	Определение суммарных погрешностей ИК .....	32
6.5	Проведение поверки МИТ .....	33
6.5.1	Определение систематических погрешностей электронных частей ИК МИТ на базе термопар .....	33
6.5.2	Определение систематических погрешностей электронных частей ИК на базе термометров сопротивления .....	33
6.5.3	Определение систематических погрешностей термометров сопротивлений .....	34
6.5.4	Определение суммарных погрешностей ИК МИТ .....	35
6.6	Проведение поверки МИЧВР .....	35
6.6.1	Определение систематической погрешности электронной части ИК .....	35
6.6.2	Определение суммарной погрешности ИК .....	35
6.7	Проведение поверки МИВ .....	36
6.7.1	Определение систематической погрешности электронной части ИК .....	36
6.7.2	Определение систематической погрешности первичного преобразователя МИВ .....	36
6.7.3	Определение суммарной погрешности МИВ .....	36
7	ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ .....	37
7.1	Обработка результатов измерений МИС .....	37
7.1.1	Определение порога реагирования .....	37
7.1.2	Определение коэффициента устойчивости .....	37
7.1.3	Определение случайной погрешности МИС .....	37
7.1.4	Определение систематической погрешности МИС .....	39
7.1.5	Определение суммарной погрешности МИС .....	40
7.2	Обработка результатов измерений МИРТ .....	41
7.2.1	Электронные части ИК МИРТ .....	41
7.2.1.1	Определение систематической погрешности электронной части ИК объемного расхода топлива .....	41
7.2.1.2	Определение систематической погрешности электронной части ИК плотности .....	41
7.2.2	Первичные преобразователи .....	42
7.2.2.1	Определение систематической погрешности ТПР .....	42
7.2.2.2	Определение систематической погрешности денсиметра .....	43
7.2.3	Определение суммарной погрешности ИК массового расхода .....	44
7.3	Обработка результатов измерений МИРВ .....	45
7.3.1	Определение систематической погрешности ИК многодиапазонных сканеров давления .....	45
7.3.2	Определение систематической погрешности электронной части ИК температуры воздуха .....	45
7.3.3	Определение суммарной погрешности электронной части ИК температуры воздуха .....	45

7.3.4	Определение суммарной погрешности ИК массового расхода воздуха.....	45
7.4	Обработка результатов измерений МИД.....	46
7.4.1	Определение систематических погрешностей ИК МИД .....	46
7.4.2	Определение вариации (гистерезиса) ИК МИД .....	46
7.4.3	Определение суммарных погрешностей ИК МИД .....	47
7.5	Обработка результатов измерений МИТ .....	47
7.5.1	Определение систематических погрешностей электронных частей ИК МИТ ..	47
7.5.2	Определение систематических погрешностей первичных преобразователей (термометров сопротивления и термопар) .....	47
7.5.3	Определение суммарных погрешностей ИК МИТ.....	48
7.6	Обработка результатов измерений ИК МИЧВР.....	48
7.6.1	Определение систематической погрешности электронного канала МИЧВР ....	48
7.6.2	Определение суммарной погрешности МИЧВР.....	48
7.7	Обработка результатов измерений МИВ .....	49
7.7.1	Определение систематической погрешности электронной части канала МИВ	49
7.7.2	Определение систематической погрешности первичного преобразователя МИВ.....	49
7.7.3	Определение суммарной погрешности МИВ .....	49
8	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	50
	ПРИЛОЖЕНИЯ .....	51

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

- МИС – модуль измерения силы от тяги двигателя;
- МИРТ – модуль измерения массового расхода топлива;
- МИРВ – модуль измерения массового расхода воздуха;
- МИД – модуль измерения давления газа и жидкости;
- МИТ – модуль измерения температуры газа и жидкости;
- МИДП – модуль измерения динамических параметров;
- МИЧВР – модуль измерения частоты вращения роторов;
- МИВ – модуль измерения относительной влажности воздуха;
- ИК – измерительный канал;
- ИВ – измеряемая величина;
- ВП – верхний предел измерения;
- ПП – первичный преобразователь;
- ПГУ – поверочно-градуировочное устройство;
- СГУ – стендовое градуировочное устройство;
- ПР – подвижная рама МИС;
- НР – неподвижная рама МИС;
- ТПР – турбинный преобразователь расхода топлива;
- ТПУ – эталонная трубопоршневая установка;
- СКО – среднеквадратическое отклонение случайной величины;
- ИУ – измерительный участок;
- РЭ – руководство по эксплуатации;
- $j$  – номер цикла нагружения;
- $k$  – номер ступени нагружения;
- $n$  – число циклов нагружения;
- $N$  – число ступеней нагружения;
- Цикл нагружения – прямой (и/или обратный) полный ход нагружения;
- Электронная часть канала измерений – часть полного канала без ПП.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая Методика поверки распространяется на систему автоматизированного сбора и обработки информации DAS-1-27/28 стендов 27, 28 ОАО «НПО «Сатурн», предназначенных для испытаний авиадвигателей, и устанавливает методику ее первичной и периодических поверок. Методика выполнена в соответствии с Рекомендацией РМГ 51-2002 «ГСОЕИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения» и ГОСТ Р 8.596-2002 «ГСОЕИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения».

Система автоматизированного сбора и обработки информации DAS-1-27/28 (далее система DAS-1-27/28) проектировалась из компонентов, изготавливаемых различными производителями и принимаемых как законченные изделия непосредственно на месте эксплуатации (измерительная система ИС-2 по ГОСТ Р 8.596-2002).

Система DAS-1-27/28 содержит следующие измерительные модули:

- модуль измерения силы от тяги двигателя – МИС;
- модуль измерения массового расхода топлива – МИРТ;
- модуль измерения массового расхода воздуха – МИРВ;
- модуль измерения давления газа и жидкости – МИД;
- модуль измерения температуры газа и жидкости – МИТ;
- модуль измерения частоты вращения роторов – МИЧВР;
- модуль измерения относительной влажности – МИВ;

Часть модулей: МИТ (на базе термопар), МИЧВР – не содержат датчиков, которые установлены на испытываемых двигателях и подсоединяются к стендовой системе DAS-1-27/28 только на период испытаний. Суммарная погрешность измерительных каналов этих модулей определялась с учетом паспортной погрешности датчиков, поставляемых с испытываемым двигателем. Суммарная погрешность ИК всех модулей системы DAS-1-27/28 определялась при нормальных условиях в соответствии с ГОСТ 8.395-80 «ГСИ. Нормальные

условия при поверке. Общие требования» и в предположении, что распределение составляющих погрешностей близко к нормальному распределению. Численное значение суммарной погрешности для этих условий совпадает со значением основной погрешности измерений.

При поверке системы DAS-1-27/28 использовались следующие Российские нормативные документы:

- ГОСТ 8.207-76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения»;
- ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений»;
- ГОСТ 8.256-77 «ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения»;
- ГОСТ Р 8.624-2006 «ГСОЕИ. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Методы и средства поверки»;
- Авиационный стандарт ОСТ 1 00487-83 «Отраслевая система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение испытаний газотурбинных двигателей. Аттестация измерительных каналов информационно-измерительных систем»;
- ОСТ 1 02517-84 «ОСОЕИ. Силоизмерительные системы испытательных стендов. Методика поверки»;
- ОСТ 1 02677-89 «ОСОЕИ. Силоизмерительные системы испытательных стендов газотурбинных двигателей. Общие требования к поверочным и стендовым градуировочным устройствам»;
- РМГ 51-2002 «ГСОЕИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения»;
- РМГ 29-99 «ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения»;
- ГОСТ 8.586.4-2005 «Измерение расхода и количества жидкости и газов с помощью. Стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования»
- МИ 677-84 «Преобразователи давления измерительные электрические ИПД и комплексы для измерения давления цифровые ИПДЦ. Методы поверки».

Межповерочный интервал системы DAS-1-27/28 – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

### 1.1 Операции поверки МИС

Операции поверки МИС представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.1	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование			
1.2 Монтаж ПГУ			
2 Проведение поверки			
2.1 Определение порога реагирования МИС	6.1, 7.1	+	—
2.2 Определение коэффициента устойчивости МИС		+	—
2.3 Определение случайной погрешности МИС		+	+
2.4 Определение систематической погрешности МИС		+	+
2.5 Определение суммарной погрешности ИК модуля		+	+

### 1.2 Операции поверки ИК МИРТ

Операции поверки ИК МИРТ представлены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.2	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование			
2 Проведение поверки			
2.1 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК модуля	6.2, 7.2	+	+
2.2 Определение систематических погрешностей турбинных преобразователей объемного расхода топлива		+	+
2.3 Определение систематической погрешности денсиметра		+	+
2.4 Определение суммарной погрешности ИК массового расхода топлива		+	+



### 1.3 Операции поверки МИРВ

Операции поверки МИРВ представлены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.3	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование	6.3, 7.3		
2 Проведение поверки			
2.1 Определение систематических погрешностей многодиапазонных сканеров давления		+	+
2.2 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК температуры модуля		+	+
2.3 Определение суммарной погрешности ИК температуры		+	+
2.4 Определение суммарной погрешности ИК массового расхода воздуха		+	+

### 1.4 Операции поверки МИД

Операции поверки МИД представлены в таблице 4.

Таблица 4

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.4	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование	6.4, 7.4		
2 Проведение поверки			
2.1 Определение систематических погрешностей ИК модуля		+	+
2.2 Определение суммарных погрешностей ИК модуля		+	+

## 1.5 Операции поверки МИТ

Операции поверки модуля представлены в таблице 5.

Таблица 5

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.5	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование	6.5, 7.5		
2 Проведение поверки			
2.1 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК МИТ на базе термопар		+	+
2.2 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК на базе термометров сопротивления		+	+
2.3 Определение систематических погрешностей термометров сопротивлений		+	+
2.4 Определение суммарных погрешностей ИК		+	+

## 1.6 Операции поверки МИЧВР

Операции поверки модуля представлены в таблице 6.

Таблица 6

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.6	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование	6.6, 7.6		
2 Проведение поверки			
2.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК		+	+
2.2 Определение суммарной погрешности ИК		+	+

## 1.7 Операции поверки МИВ

Операции поверки МИВ представлены в таблице 7.

Таблица 7

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Подготовка к поверке	5.7	+	+
1.1 Внешний осмотр и опробование	6.7, 7.7		
2 Проведение поверки			
2.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК		+	+
2.2 Определение систематической погрешности датчика влажности		+	+
2.3 Определение суммарной погрешности ИК		+	+

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

### 2.1 Средства поверки МИС

Средства поверки ИК представлены в таблице 8.

Таблица 8

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.1, 6.1	СГУ с погрешностью $\pm 0,15$ % по ОСТ 102677-89 (входит в состав МИС), переносной источник света.
5.1, 6.1	ПГУ (CGD) по ОСТ 1 02677-89 с эталонным динамометром, погрешность $\pm 0,1$ % в диапазоне (0,1 ... 1,0) $R_{\max}$ , уровень рамный (брусковый) по ГОСТ 9392-89.
5.1, 6.1	Термометр жидкий стеклянный технический по ГОСТ 28498-90, диапазон измерения 0 ... 100 °С, кл.т. 1, головки часового типа, цена деления 0,01 мм (2 шт.).
7.1	ОСТ 1 01021-93

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 8.

## 2.2 Средства поверки МИРТ

### 2.2.1 Электронные части каналов

Средства поверки электронных частей каналов ИК представлены в таблице 9.

Таблица 9

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.2, 6.2	Калибратор TRX-IIR, кл.т. 0,02; генератор сигналов типа ГЗ-110, технические условия ЕХ.265.036 ТУ.
7.2	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности первичных преобразователей)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 9.

### 2.2.2 Первичные преобразователи

Средства поверки первичных преобразователей ИК представлены в таблице 10.

Таблица 10

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.2, 6.2	Система измерения температуры топлива, включающая термометр сопротивления ТСМ и мост КСМ-4П, погрешность измерения $\pm 1^\circ\text{C}$
	Частотомер – хронометр Ф 5041, абсолютная погрешность измерения времени $\Delta\tau = \pm 0,001\text{ с}$ .
	Манометры класса 0,6 со шкалой $(0 \dots 10)\text{ кгс/см}^2$ , $(0 \dots 10 \cdot 10^5)\text{ Па}$ .
	Манометры класса 0,6 со шкалой $(0 \dots 10)\text{ кгс/см}^2$ , $(0 \dots 10 \cdot 10^5)\text{ Па}$ .
	Барометр – анероид БАММ-1.
	Психрометр аспирационный.
	Ареометр АОН-1 ГОСТ 18481-81, диапазон измерения плотности $0,78 \dots 0,82$ , предел основной составляющей погрешности измерения $\pm 0,06\%$ .

	Вольтметр цифровой типа Щ300, кл.т. 0,05/0,02.
	Магазин сопротивлений типа МСР, кл.т. 0,02.
	Трубопоршневые установки: ТПУ-3: диапазон измерения (10 ... 2160) л/ч, предел допускаемой относительной погрешности измерения 0,12 % ИЗ;  ТПУ-1: диапазон измерения (288 ... 7200) л/ч; предел допускаемой относительной погрешности измерения 0,13 % ИЗ;  ТПУ-4: диапазон измерения (5400 ... 54000) л/ч, предел допускаемой относительной погрешности измерения 0,13 % ИЗ.
7.2	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности электронного канала)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 10.

## 2.3 Средства поверки МИРВ

### 2.3.1 Электронная часть ИК

Средства поверки электронной части ИК МИРВ представлены в таблице 11.

Таблица 11

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.3, 6.3	Калибратор TRX-IIR, кл.т. 0,02.
7.3	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности первичных преобразователей)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 11.

### 2.3.2 Первичные преобразователи

Средства поверки первичных преобразователей представлены в таблице 12.

Таблица 12

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.3, 6.3	Грузопоршневой манометр типа МПА-15 кл.т. 0,02; измерительные преобразователи давления типа ИПД с ВП измерения 6 кПа, 60 кПа; вольтметр цифровой типа Ц300 кл.т. 0,05 / 0,02
5.3, 6.3	Установка УПСТ-2М, включающая следующие блоки: – блоки измерительные БИ-1, БИ-2; – термостат нулевой ТН-1 М; – термостат паровой ТП-2 4; – печь МТМ-2 МР-50-500 (100 ... 1200) °С; – термостат регулируемый ТР-1 М-300 (40 ... 200) °С; – вольтметр В2-29.
7.3	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности электронного канала)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 12.

### 2.4 Средства поверки МИД

Средства поверки ИК представлены в таблице 13.

Таблица 13

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.4, 6.4	Микроманометр типа МКВ на диапазон 2,5 кПа, диапазон измеряемых давлений (0 ... 2,5) кПа, основная погрешность $\pm 0,02$ % от ВП.
	Калибратор давления DPI 615 с пределом измерений 2 МПа с внешними датчиками давления фирмы «Druck», диапазон задаваемых давлений (0 ... 20) МПа, основная погрешность $\pm (0,008 \dots 0,025)$ % от ВП

	Многодиапазонный калибратор давления DPI 515, диапазон задаваемых давлений (2,5 ... 7000) кПа, основная погрешность $\pm 0,008$ % от ВП.
7.4	ОСТ 1 01021-93

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 13.

## 2.5 Средства поверки МИТ

### 2.5.1 Электронные части каналов

Средства поверки электронных частей ИК представлены в таблице 14.

Таблица 14

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.5, 6.5	Многофункциональный калибратор модели TRX-IIR фирмы «Druck» / «Unomat Instruments», Голландия, диапазоны воспроизведения: – напряжения, мВ: $-10 \dots 120$ ; – сопротивления, Ом: $0 \dots 400$ ; $0,025$ % ВП, $0,05$ % ВП.
7.5	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности первичных преобразователей)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 14.

### 2.5.2 Первичные преобразователи (термометры сопротивлений)

Средства поверки термометров сопротивлений представлены в таблице 15.

Таблица 15

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.5, 6.5	Установка УПСТ-2М, включающая следующие блоки: – блоки измерительные БИ-1, БИ-2; – термостат нулевой ТН-1 М; – термостат паровой ТП-2 4; – печь МТМ-2 МР-50-500 (100 ... 1200) °С; – термостат регулируемый ТР-1 М-300 (40 ... 200) °С; – вольтметр В2-29.
7.5	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности электронного канала)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 15.

### 2.6 Средства поверки МИЧВР

Средства поверки МИЧВР представлены в таблице 16.

Таблица 16

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.6, 6.6	Генератор ГЗ-110: диапазон частот (0,001 ... 2000000) Гц; погрешность установки частоты $\pm 3 \cdot 10^{-7}$ Гц.
7.6	ОСТ 1 01021-93

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 16.



## 2.7 Средства поверки МИВ

### 2.7.1 Электронная часть канала

Средства поверки электронной части ИК представлены в таблице 17.

Таблица 17

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.7, 6.7	Калибратор TRX-IIR, кл.т. 0,02.
7.7	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности первичных преобразователей)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 17.

### 2.7.2 Первичный преобразователь

Средства поверки первичного преобразователя ИК представлены в таблице 18.

Таблица 18

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.7, 6.7	– Генератор влажного газа образцовый динамический «Родник 2М» Р52.844.015, диапазон воспроизведения относительной влажности (10 ... 99) % при температуре от 0 до 60 °С, абсолютная погрешность измерения относительной влажности $\pm 0,5$ %, относительная погрешность измерения объемной доли влаги $\pm 1$ %, погрешность измерения точки росы воспроизводимой парогазовой смеси $\pm 0,1$ °С; – вольтметр цифровой типа Щ 300, погрешность $\pm 0,1$ %; – вспомогательное оборудование: ротаметр В-125-30 фирмы «Porter Instrument Co»
7.7	ОСТ 1 01021-93 (с учетом погрешности электронного канала)

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 18.

### **3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

Поверка системы DAS-1-27/28 должна проводиться поверителями метрологических служб юридических лиц, аккредитованных в органах Ростехрегулирования.

Право на проведение поверки общепромышленных средств измерения (датчиков, кондиционеров и др.) не является достаточным основанием для проведения поверки стендовых систем, предназначенных для испытаний авиационных ГТД.

К поверке измерительных систем допускаются лица, аттестованные на звание поверителя по соответствующим параметрам и имеющие опыт поверки указанных измерительных модулей.

### **4 ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

При проведении поверки системы DAS-1-27/28 должны соблюдаться требования по технике безопасности, производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации системы DAS-1-27/28.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С:
  - в боксе стенда .....от плюс 5 до плюс 30
  - в пультовой .....от плюс 15 до плюс 35
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) .....от 720 до 780
- относительная влажность, % .....не более 80
- напряжение питающей сети, В .....от 187 до 242
- частота питающей сети, Гц .....от 49 до 51
- отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** при проведении поверочных работ параметры окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их руководствах по эксплуатации.

## **5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

### **5.1 Подготовка к поверке МИС**

5.1.1 Проверить комплектность МИС и его соответствие требованиям конструкторской документации и Авиационных стандартов ОСТ 1 02512-84 и ОСТ 1 02677-89.

5.1.2 Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического и механического монтажа модуля;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для поверки модуля.

5.1.3 Привести МИС в рабочее состояние и измерить силу при контрольных нагрузках от СГУ, равных 0, 0,5  $R_{\max}$ ,  $R_{\max}$ . Если погрешность измерения силы на указанных нагрузках не превышает  $\pm 0,3 \% R_{\max}$ , то МИС функционирует правильно.

При невыполнении указанного условия необходимо выявить и устранить источник повышенной погрешности измерения силы.

5.1.4 Смонтировать ПГУ в соответствии с требованиями проекта на ПГУ и Авиационного стандарта ОСТ 102677-89.

В силовую цепь ПГУ вместо эталонного динамометра установить имитатор динамометра.

5.1.5 Обеспечить переговорную или световую (звуковую) связь между оператором ПГУ и оператором МИС.

5.1.6 Обеспечить ПГУ напряжением питания.

5.1.7 Проверить правильность функционирования и прочность всех элементов ПГУ путём нагружения МИС от ПГУ последовательно нагрузками 0,3, 0,5, 0,8 и 1,1  $R_{\max}$  с остановкой на каждой нагрузке, выдержкой 2 - 3 минуты и внешним осмотром элементов ПГУ на отсутствие механических повреждений

и ослабления элементов крепления. При обнаружении неисправностей провести работы по их устранению.

5.1.8 После снятия нагрузки с ПГУ демонтировать имитатор динамометра и смонтировать вместо него эталонный динамометр.

5.1.9 Поместить в районе расположения эталонного динамометра термометр.

5.1.10 Смонтировать в местах установки передних и задних пар упругих лент подвески ПР МИС две головки часового типа, измеряющие перемещения ПР относительно НР.

## **5.2 Подготовка к поверке МИРТ**

5.2.1 Проверить комплектность модуля и его соответствие требованиям конструкторской документации.

5.2.2 Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического, гидравлического и механического монтажа модуля;
- отключить частотный выход «Frequency Out 2» IFC 15 от электронной части ИК объемного расхода;
- отключить токовый выход денсиметра от системы;
- подключить на входы электронных частей ИК модуля эталонные устройства, воспроизводящие соответственно:
- электрический ток (4 ... 20) мА, имитирующий плотность топлива;
- частоту электрического сигнала, имитирующего объемный расход топлива;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для поверки электронного канала модуля;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку ТПР, денсиметра.

### 5.2.3 Подготовка к поверке первичных преобразователей модуля МИРТ

#### 5.2.3.1 Турбинные преобразователи расхода

Выполнить следующие операции:

- проверить комплектность первичных преобразователей;
- провести внешний осмотр ИУ с ТПР на отсутствие повреждений;
- установить ИУ на ТПУ;
- проверить герметичность смонтированного ИУ;
- удалить воздух из трубопроводов;
- включить электрическое питание вторичной аппаратуры для прогрева и проверки её работоспособности;
- обеспечить в испытательном помещении требуемые условия для поверки;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку ТПУ.

#### 5.2.3.2 Денсиметр

Выполнить следующие операции:

- проверить комплектность денсиметра;
- провести внешний осмотр ИУ с денсиметром на отсутствие повреждений;
- промыть рабочую полость денсиметра бензином «Калоша»;
- установить ИУ на установку для поверки денсиметров;
- проверить герметичность смонтированного ИУ;
- обеспечить в испытательном помещении требуемые условия для поверки;
- включить электрическое питание вторичной аппаратуры для прогрева и проверки её работоспособности;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на эталонную установку.

### 5.3 Подготовка к поверке МИРВ

5.3.1 Проверить комплектность модуля и его соответствие требованиям конструкторской документации.

5.3.2 Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического, пневматического и механического монтажа модуля;

- отключить импульсные линии от пневматических входов бокса, в котором установлен многодиапазонный сканер давления;
- отключить электрические линии, идущие от термометров сопротивлений, установленных на трубах Вентури, от входов в платы VXI;
- подключить на электрические входы плат VXI многофункциональный калибратор модели TRX-IIR фирмы «Druck» / «Unomat Instruments», Голландия, с диапазоном воспроизведения сопротивления 0 ... 400 Ом;
- подключить на пневматические входы бокса калибратор давления DPI 615 фирмы «Druck» с внешними датчиками давления, обеспечивающими диапазоны воспроизведения: 0 ... 2,5; 0 ... 7; 0 ... 35; 0 ... 210; 0 ... 1720; 0 ... 3450 кПа;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;
- проверить систему на герметичность, для чего создать в системе давление, равное ВП измеряемого давления, после чего перекрыть пневматическую линию от источника давления;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для поверки электронного канала модуля;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку термометров сопротивлений и многодиапазонных сканеров давления;
- систему считают герметичной, если после трехминутной выдержки под давлением не наблюдают падения давления на величину более 10 % от допускаемого значения погрешности данного ИК.

## **5.4 Подготовка к поверке МИД**

5.4.1 Проверить комплектность модуля и его соответствие требованиям конструкторской документации.

5.4.2 Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического, механического и пневматического монтажа модуля;
- отключить импульсные линии, идущие к сканерам и дискретным датчикам давления;
- подключить на пневматические входы сканеров и дискретных датчиков давления источник эталонного давления;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;

- проверить систему на герметичность, для чего создать в системе давление, равное ВП измеряемого давления, после чего перекрыть пневматическую линию от источника давления;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для проверки модуля.

## **5.5 Подготовка к поверке МИТ**

5.5.1 Проверить комплектность модуля и его соответствие требованиям конструкторской документации.

5.5.2 Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического и механического монтажа модуля;
- отключить термопарные линии от входов сканеров температуры;
- подключить на входы сканеров источник эталонного напряжения от калибратора модели TRX-IIR;
- отключить электрические линии, идущие от термометров сопротивлений, от входов плат VXI;
- подключить на электрические входы плат VXI источник эталонного сопротивления от калибратора модели TRX-IIR;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для проверки электронного канала модуля;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку термометров сопротивлений.

5.5.3 Подготовка к поверке первичных преобразователей модуля МИТ:

- проверить комплектность термометров сопротивлений;
- установить термометры сопротивлений на установку, воспроизводящую эталонные значения температур;
- проверить правильность электрического соединения термометров сопротивлений с эталонной установкой;
- включить электрическое питание аппаратуры для прогрева и проверки её работоспособности;
- обеспечить в испытательном помещении требуемые условия для поверки;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на эталонную установку.

## **5.6 Подготовка к поверке МИЧВР**

5.6.1 Проверить комплектность модуля и его соответствие требованиям конструкторской документации.

5.6.2. Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического и механического монтажа модуля;
- отключить электрические линии, идущие от датчиков частоты вращения, установленных на двигателе, от входов в электронные части ИК модуля;
- подключить на электрические входы электронные части ИК модуля источник эталонного напряжения и частоты от генератора ГЗ-110;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для поверки электронного канала модуля.

## **5.7 Подготовка к поверке МИВ**

5.7.1 Проверить комплектность модуля и его соответствие требованиям конструкторской документации.

5.7.2 Провести следующие подготовительные операции:

- проверить правильность электрического и механического монтажа модуля;
- отключить электрический выход датчика влажности от входа электронной части ИК модуля;
- подключить на вход электронной части ИК модуля калибратор TRX-IIR, воспроизводящий электрический ток, пропорциональный влажности воздуха;
- включить систему DAS-1-27/28 согласно Руководству по ее эксплуатации;
- обеспечить на стенде и в пультовой указанные в разделе 4 условия для поверки электронного канала модуля.



### 5.7.3 Подготовка к поверке первичных преобразователей модуля МИВ:

- проверить комплектность датчика влажности;
- установить датчик влажности на установку, воспроизводящую эталонные значения влажности;
- проверить правильность электрического соединения датчика влажности с эталонной установкой;
- включить электрическое питание аппаратуры для прогрева и проверки её работоспособности;
- обеспечить в испытательном помещении требуемые условия для поверки;
- проверить наличие непросроченных свидетельств на эталонную установку.

## 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 6.1 Проведение поверки МИС

#### 6.1.1 Определение порога реагирования МИС

Порог реагирования определяется при первичной поверке МИС на нагрузках, приложенных от СГУ и равных  $0,1 R_{\max}$  и  $1,0 R_{\max}$ .

На указанных нагрузках прикладывают дополнительную силу от СГУ с шагом 10 Н до момента устойчивого изменения показаний МИС на + 1 Н. Повторяют указанную процедуру еще 2 раза.

Полученные данные заносятся в Протокол, форма которого приведена в Приложении 2.

Если показания МИС при приложении дополнительной силы, равной  $0,02 \% R_{\max}$ , не изменились относительно начальных показаний, то выявляются и устраняются причины неудовлетворительной чувствительности МИС.

#### 6.1.2 Определение коэффициента устойчивости МИС

Коэффициент устойчивости МИС определяется путем приложения силы к ПР от СГУ и определения перемещения ПР. Предварительно ПР и рабочие датчики силы должны быть разъединены. Сила  $F_k$  ( $k = 1, 2, \dots 10$ ) прикладывается с шагом 100 даН от нуля до 1000 даН. Перемещение ПР относительно НР

измеряется двумя головками часового типа, установленными в плоскостях передних и задних упругих лент подвески ПР.

Полученные данные заносятся в Протокол, форма которого приведена в Приложении 3.

#### 6.1.3 Определение случайной погрешности МИС

Случайная составляющая погрешности МИС определяется по результатам 10-кратной градуировки системы с помощью ПГУ. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

- измерить температуру на стенде;
- подать напряжение питания на МИС и ПГУ. После прогрева МИС в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации нагрузить МИС от ПГУ силой  $R_{\max}$  и выдержать при этой нагрузке не менее 3-х минут;
- разгрузить МИС;
- нагрузить МИС до  $R_{\max}$  и без выдержки разгрузить;
- записать в Протокол, форма которого приведена в Приложении 4, время начала градуировки, температуру окружающего воздуха на стенде и нулевые показания МИС;
- задать от ПГУ последовательность из 11-ти значений силы от нуля до  $R_{\max}$  (прямой ход) и от  $R_{\max}$  до нуля (обратный ход). На каждой ступени нагружения произвести регистрацию показаний МИС;
- повторить указанные операции ещё 4 раза, результаты поверки (исходные данные) занести в Протокол, форма которого приведена в Приложении 4;
- рассчитанные значения случайной погрешности занести в протокол суммарной погрешности, форма которого приведена в Приложении 5.

#### 6.1.4 Определение систематической погрешности МИС

Систематическая составляющая погрешности МИС определяется по данным, полученным в п. 6.1.3. Рассчитанные значения систематической погрешности занести в протокол суммарной погрешности, форма которого приведена в Приложении 5.

### 6.1.5 Определение суммарной погрешности МИС

Суммарная погрешность МИС рассчитывается путем суммирования соответствующим образом погрешностей, полученных по п.п. 6.1.3-6.1.4.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 5.

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

- эталонный динамометр должен быть выдержан при температуре, при которой производится поверка, не менее 1-го часа для принятия им установившейся температуры;
- считывание и регистрацию показаний МИС производить после их установления по командам специалиста, работающего с эталонным динамометром;
- при нагружении (разгрузке) МИС не допускать переход через принятые контрольные точки градуировки и возврата к ним с противоположной стороны хода градуировки. В случае такого перехода следует разгрузить (нагрузить) МИС до значения силы, предшествующей данной контрольной точке, после чего нагрузить (разгрузить) МИС и выйти на необходимую контрольную точку;
- перерыв между следующими друг за другом однократными градуировками не должен превышать 10 минут;
- температура окружающего воздуха за период поверки не должна изменяться более чем на  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 6.2 Проведение поверки МИРТ

6.2.1 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК модуля

Установить при помощи генератора электрических сигналов типа ГЗ-110 в канале объемного расхода ряд значений частоты, соответствующих определенным значениям расхода:

$$\bar{F}_k = F_{\min} + \frac{F_{\max} - F_{\min}}{N - 1} \times (k - 1), \quad (1)$$

$$F_{\max} = Q_{\max} \times B, \quad (2)$$

$$F_{\min} = Q_{\min} \times B, \quad (3)$$

где  $F_{\max}$ ,  $F_{\min}$  – максимальная и минимальная выходные частоты ТПР, соответствующие максимальному и минимальному расходам топлива  $Q$  через двигатель (л/с);

$B$  – коэффициент ТПР + IFC-15 (имп/л);

$k = 1, 2 \dots N$  – номер ступени нагружения, где  $N = 5$ .

Измерить имитируемый объемный расход топлива  $Q_{k,j}$ ,  $G_{k,j}$ , число циклов нагружения  $n = 3$ .

Случайные погрешности электронных частей ИК не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 6.

Установить в соответствии с градуировочной характеристикой ИК при помощи прибора типа TRX-IIR ряд значений тока, соответствующих имитируемым значениям плотности топлива:

$$I_k = I_{\min} + \frac{I_{\max} - I_{\min}}{N - 1} \times k, \quad (4)$$

где  $I_{\min} = 4$  мА,  $I_{\max} = 20$  мА – минимальный и максимальный токи.

Зарегистрировать при помощи МИРТ измеренные значения плотности топлива  $\rho_{k,j}$ .

Результаты поверки занести в протокол Приложения 7.

Случайные погрешности электронных частей ИК не учитываются ввиду их малости.

## 6.2.2 Определение систематических погрешностей турбинных преобразователей объемного расхода топлива

- Настроить ТПУ на требуемый расход с помощью дроссельного крана, установленного в выходном трубопроводе ТПУ, по частоте сигнала, регистрируемого частотомером Ф5041.
- Установить последовательно ряд значений расхода через ТПУ:

$$\bar{Q}_k = Q_{\min} + \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{N - 1} \times (k - 1), \quad (5)$$

где  $Q_{\min}, Q_{\max}$  – минимальный и максимальный расход поверяемого ТПР.

Число ступеней нагружения  $N = 5$ , число циклов нагружения  $n = 3$ .

- Измерить значения  $N_k$  и  $\tau_k$ , где  $N_k$  – число импульсов выходной частоты ТПР, подсчитанное частотомером-хронометром за интервал времени  $\tau_k$ , равный рабочему ходу поршня ТПУ на  $k$ -й ступени нагружения.

Случайные погрешности ТПР не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 8.

## 6.2.3 Определение систематической погрешности денсиметра

- Проверить работоспособность всех элементов системы. Провести несколько пробных измерений.
- Заполнить денсиметр поочередно жидкостями с плотностями  $\bar{\rho}_1$  и  $\bar{\rho}_2$  в диапазоне плотностей (0,70 ... 1,0) кг/л, обеспечив отсутствие воздушных включений во внутренней полости установки. Измерить в лаборатории плотности проб указанных жидкостей  $\bar{\rho}_1$  и  $\bar{\rho}_2$  и их температуру  $\bar{T}$ .
- Измерить выходной ток конвертора денсиметра. Измерить температуру жидкости на входе в денсиметр  $T_{\text{вх}}$ .

Число ступеней нагружения  $N = 2$ , число циклов нагружения  $n = 3$ .

Случайная погрешность денсиметра не учитывается ввиду ее малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 9.

#### 6.2.4 Определение суммарной погрешности МИРТ

Суммарная погрешность МИРТ определяется путем суммирования соответствующим образом всех найденных составляющих погрешностей по п.п. 6.2.1-6.2.3.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 10.

### 6.3 Проведение поверки МИРВ

6.3.1 Определение систематических погрешностей многодиапазонных сканеров давления

#### 6.3.1.1 Поверка многодиапазонного сканера давлений «НР»

- соединить оба пневматических порта бокса сканера между собой короткой перемычкой (пневматически «закоротить»);
- задать 5 эталонных значений избыточного давления воздуха 100, 200 ... 500 кПа на пневматическом порте бокса «высокое давление»;
- измерить заданные давления на верхнем уровне системы DAS-1-27/28;
- снять с пневматических портов бокса сканера перемычку;
- задать 5 эталонных значений избыточного давления воздуха 40, 80 ... 200 кПа на пневматическом порте бокса «высокое давление»;
- измерить заданные давления на верхнем уровне системы DAS-1-27/28;
- задать 5 эталонных значений избыточного давления воздуха 10, 15 ... 30 кПа на пневматическом порте бокса «высокое давление»;
- измерить заданные давления на верхнем уровне системы DAS-1-27/28;
- задать 5 эталонных значений избыточного давления воздуха 3, 4 ... 7 кПа на пневматическом порте бокса «высокое давление»;
- измерить заданные давления на верхнем уровне системы DAS-1-27/28;
- задать 5 эталонных значений избыточного давления воздуха 0,5, 1,0 ... 2,5 кПа на пневматическом порте бокса «высокое давление»;
- измерить заданные давления на верхнем уровне системы DAS-1-27/28.

Случайные погрешности сканеров не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 11.

#### 6.3.1.2 Поверка многодиапазонного сканера давлений «IP»

Поверка многодиапазонного сканера давлений для ИК «IP» проводится аналогично ИК «HP», за исключением диапазона задаваемых давлений 10 ... 30 кПа.

Случайные погрешности сканеров не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 11.

#### 6.3.2 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК температуры модуля

Поверка электронных частей ИК температур в ИК расхода «HP»:

- задать 5 эталонных значений электрического сопротивления, соответствующих температурам 150, 250 ... 550° С;
- измерить заданные температуры на верхнем уровне системы DAS-1-27/28.

Случайные погрешности электронных частей ИК температуры не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 12.

#### 6.3.3 Определение суммарных погрешностей ИК температуры

Суммарные погрешности ИК температуры определяются путем суммирования соответствующим образом погрешностей по п. 6.3.2 и паспортных погрешностей термометров сопротивлений.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 13.

#### 6.3.4 Определение суммарной погрешности ИК массового расхода воздуха

Суммарная погрешность ИК МИРВ определяется путем суммирования соответствующим образом погрешностей по п.п. 6.3.1, 6.3.3 и погрешностей, вносимых трубами Вентури.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 14.

## 6.4 Проведение поверки МИД

### 6.4.1 Определение систематических погрешностей ИК

На вход ИК МИД установить ряд значений эталонного давления:

$$\bar{P}_k = P_{\min} + \frac{P_{\max} - P_{\min}}{N - 1} (k - 1), \quad (6)$$

где  $P_{\min}$ ,  $P_{\max}$  – минимальное и максимальное значения эталонного давления.

В соответствии с Рекомендациями по метрологии МИ 677-84 «Преобразователи давления измерительные электрические ИПД и комплексы для измерения давления цифровые ИПДЦ. Методы поверки» число ступеней нагружения выбирается  $N \geq 5$ . Выполняется один цикл нагружения. При этом давление необходимо повысить от нуля до верхнего предела измерений (прямой ход) и понизить от верхнего предела до нуля (обратный ход) с выдержкой по времени на верхнем пределе нагружения в течение 1 минуты.

На каждой ступени нагружения регистрируют измеренные значения давления  $P_k$ .

Случайные погрешности ИК давлений не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 15.

### 6.4.2 Определение суммарных погрешностей ИК

Суммарные погрешности ИК МИД определяются путем суммирования соответствующим образом погрешностей по п. 6.4.1 и погрешностей, вносимых вариацией.

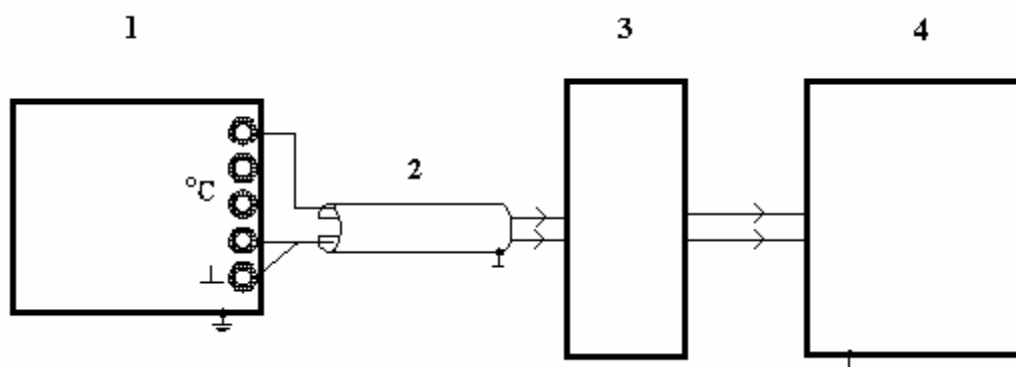
Результаты поверки занести в протокол Приложения 15.



## 6.5 Проведение поверки МИТ

### 6.5.1 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК МИТ на базе термопар

Для определения систематических погрешностей электронных частей ИК необходимо собрать схему, изображенную на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема определения систематической погрешности сканеров температуры.**  
1 – калибратор TRX-IR; 2 – компенсационные провода для термопар;  
3 – сканер температуры; 4 – верхний уровень системы DAS-1-27/28

Установить калибратором ряд значений эталонного напряжения, соответствующих имитируемым значениям эталонных температур. Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ , число циклов нагружения  $n = 1$ .

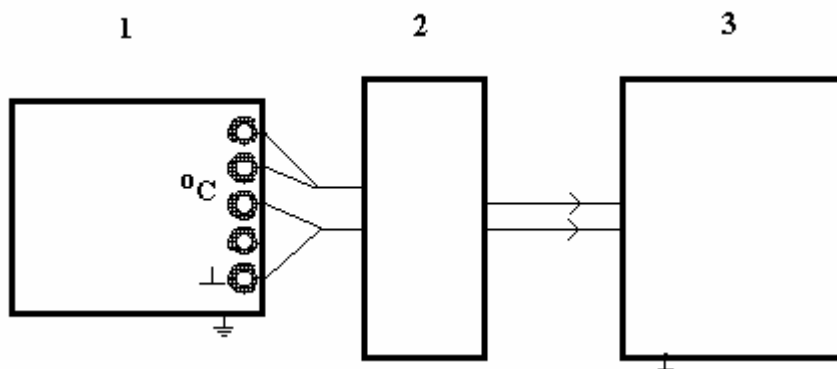
На каждой ступени нагружения регистрируют измеренные значения температуры  $T_k$ .

Случайные погрешности электронных частей ИК температуры не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 16.

### 6.5.2 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК на базе термометров сопротивления

Для определения метрологических характеристик ИК необходимо собрать схему, приведенную на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Схема определения систематической погрешности электронной части ИК МИТ на базе термометров сопротивления.**

**1 – калибратор TRX-IIR; 2 – платы VXI; 3 – верхний уровень системы DAS-1-27/28.**

Подать на вход ИК ряд значений эталонных сопротивлений, соответствующих имитируемой эталонной температуре. Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ , число циклов нагружения  $n = 1$ .

На каждой ступени нагружения регистрируют измеренные значения температуры  $T_k$ .

Случайные погрешности электронных частей ИК не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 16.

### 6.5.3 Определение систематических погрешностей термометров сопротивлений

Настроить эталонную установку воспроизведения температуры на требуемую температуру в диапазоне измерения (ГОСТ 8.461-82). Установить последовательно ряд значений эталонных температур:

$$\bar{T}_k = T_{\min} + \frac{T_{\max} - T_{\min}}{N - 1} \times (k - 1), \quad (7)$$

где  $T_{\min}, T_{\max}$  – минимальная и максимальная температуры диапазона поверяемых термометров сопротивления.

Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ , число циклов нагружения  $n = 1$ .

Измерить имитируемые температуры  $T_k$ .

Случайные погрешности термометров сопротивления не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 17.

#### 6.5.4 Определение суммарных погрешностей ИК МИТ

Суммарные погрешности ИК МИТ определяются путем суммирования соответствующим образом всех найденных составляющих погрешностей по п.п. 6.5.1-6.5.3.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 18.

### 6.6 Проведение поверки МИЧВР

#### 6.6.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК

При определении систематической погрешности электронной части ИК МИЧВР на вход модуля от генератора ГЗ-110 задают ряд значений эталонной частоты, соответствующих имитируемым значениям частоты вращения роторов с учетом мультиплексора.

$$\bar{F}_k = F_{\min} + \frac{F_{\max} - F_{\min}}{N-1} (k-1), \quad (8)$$

где  $F_{\min}$ ,  $F_{\max}$  – минимальное и максимальное значения эталонной частоты вращения;

Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ , число циклов нагружения  $n = 3$ .

На каждой ступени нагружения регистрируют измеренные значения частоты вращения  $F_{kj}$ .

Случайные погрешности электронных частей ИК не учитываются ввиду их малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 19.

#### 6.6.2 Определение суммарной погрешности ИК

Суммарная погрешность ИК МИЧВР принимается равной систематической погрешности электронного канала МИЧВР, так как погрешность первичного преобразователя не учитывается ввиду ее малости.

Результаты поверки занести в протокол Приложения 20.

## 6.7 Проведение поверки МИВ

### 6.7.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК

Задать на входе электронной части канала МИВ при помощи прибора типа TRX-IIR ряд значений эталонного тока, соответствующих имитируемым значениям относительной влажности:

$$\bar{I}_k = I_{\min} + \frac{I_{\max} - I_{\min}}{N - 1} \times (k - 1), \quad (9)$$

где  $I_{\max} = 20$  мА – максимальный выходной ток датчика влажности;

$I_{\min} = 4$  мА – минимальное выходной ток датчика влажности.

Число циклов ступеней нагружения  $N = 5$ , число циклов нагружения  $n = 3$ .

Измерить имитируемую влажность  $\varphi_{k,j}$  (Приложение 21).

### 6.7.2 Определение систематической погрешности первичного преобразователя МИВ

Установить при помощи генератора влажного газа Родник 2М Р52.844.015 при расходе смеси (0,5 ... 1,5) л/мин ряд значений относительной влажности паровоздушной смеси:

$$\bar{\varphi}_k = \varphi_{\min} + \frac{\varphi_{\max} - \varphi_{\min}}{N - 1} \times (k - 1), \quad (10)$$

где  $\varphi_{\max} = 95$  % – максимальная влажность,  $\varphi_{\min} = 10$  % – минимальная влажность.

Число ступеней нагружения  $N = 5$ , число циклов нагружения  $n = 3$ .

Измерить выходные напряжения датчика влажности  $U_{k,j}$  (Приложение 22).

### 6.7.3. Определение суммарной погрешности МИВ

Суммарная погрешность ИК МИВ определяются путем суммирования соответствующим образом ранее найденных погрешностей.

Случайная погрешность ИК не учитывается ввиду ее малости (Приложение 23).

## 7 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

### 7.1 Обработка результатов измерений МИС

#### 7.1.1 Определение порога реагирования

Порог реагирования МИС определяется максимальной из 3-х значений дополнительной силой, приложенной от ПГУ, при которой показание МИС устойчиво изменилось на  $+(1 \dots 2)$  Н. Порог реагирования силоизмерительной системы не должен превышать  $0,02 \% R_{\max}$  (Приложение 2).

#### 7.1.2 Определение коэффициента устойчивости

Коэффициент устойчивости определяется следующим образом. На  $k$ -й ( $k = 1, 2 \dots 10$ ) ступени нагружения рассчитывается среднее значение измеренных перемещений ПР  $\bar{x}_k$ .

По результатам измерений получается массив данных  $(\bar{x}_k, F_k)$ . Методом наименьших квадратов определяется коэффициент устойчивости  $k_{уст}$ , являющийся коэффициентом пропорциональности между силой, приложенной к ПР, и ее перемещением (Приложение 3).

#### 7.1.3 Определение случайной погрешности МИС

Определяют и исключают аномальные результаты наблюдений, т.е. результаты, содержащие грубые погрешности. Проверку производят на каждой контрольной точке отдельно для прямых и обратных ходов градуировок.

Среднее арифметическое значение показаний МИС в  $k$ -ой контрольной точке определяется по формуле:

$$R_k = \frac{R'_k + R''_k}{2}, \quad (11)$$

где  $R'_k, R''_k$  – средние арифметические значения показаний МИС для прямого и обратного ходов на  $k$ -той ступени нагружения (Приложение 4).

$$R_k' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ki}'$$

$$R_k'' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ki}'', \text{ где} \quad (12)$$

$N$  – число измерений на  $k$ -той ступени при нагружении и разгрузке после исключения грубых промахов;

$R_{ki}'$  – результат единичного отсчета на  $k$ -той ступени при нагружении МИС;

$R_{ki}''$  – результат единичного отсчета на  $k$ -той ступени при разгрузке МИС.

Цена наименьшего разряда МИС по ОСТ 1 02517-84 не должна превышать 0.015 %  $R_{\max}$ .

Среднеквадратическое отклонение (СКО) случайной погрешности МИС на  $k$ -той ступени нагружения, вызванное рассеиванием показаний МИС на данной ступени:

$$\sigma_k = \frac{\sum_{i=1}^N (R_{ki}' - R_k')^2 + (R_{ki}'' - R_k'')^2}{2N - 1}, \quad (13)$$

СКО случайной погрешности МИС от гистерезиса на  $k$ -той ступени нагружения:

$$\tilde{\sigma}_k = (R_k'' - R_k') / 2\sqrt{3} \quad (14)$$

Случайная погрешность МИС на  $k$ -той ступени нагружения:

$$\Delta_{rk} = \tau(\sigma_k^2 + \tilde{\sigma}_k^2)^{0.5}, \quad (15)$$

где  $\tau$  – коэффициент Стьюдента-Фишера, приведенный в Приложении 1 в зависимости от числа степеней свободы при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

Случайная погрешность МИС на  $k$ -той ступени нагружения:

$$\delta_{rk} = \frac{\Delta_{rk}}{R_k} \times 100\%, \quad (16)$$

где  $\bar{R}_k$  – сила от ПГУ, действующая на k-той ступени нагружения.

Случайная погрешность МИС, приведенная к  $0,5 R_{\max}$ , на k-той ступени нагружения в пределах нагрузок  $(0 \dots 0,5) R_{\max}$ :

$$\gamma_{rk} = \frac{\Delta_{rk}}{0,5\bar{R}_{11}} \times 100\% \quad (17)$$

Результаты определения случайной погрешности МИС записать в Протокол суммарной погрешности МИС, приведенный в Приложении 5.

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

– случайная погрешность МИС не должна превышать  $0,1 \% R_K$  для каждой ступени нагружения в диапазоне  $(0,5 \dots 1,0) R_{\max}$ , а в диапазоне  $(0 \dots 0,5) R_{\max} - 0,1 \% (0,5 R_{\max})$ ;

– при превышении случайной погрешности указанных выше значений проводится исследование причин превышения.

#### 7.1.4 Определение систематической погрешности МИС

Систематическая погрешность МИС на k-той ступени нагружения:

$$\Delta_{sk} = R_k - \bar{R}_k \quad (18)$$

Относительная систематическая погрешность МИС на k-той ступени нагружения:

$$\delta_{sk} = \frac{\Delta_{sk}}{R_k} \times 100\% \quad (19)$$

Систематическая погрешность, приведенная к  $0,5 R_{\max}$ , на k-той ступени нагружения:

$$\gamma_{sk} = \frac{\Delta_{sk}}{0,5\bar{R}_{11}} \times 100\% \quad (20)$$

Значения систематических погрешностей МИС записать в Протокол суммарной погрешности МИС, приведенный в Приложении 5.

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

– систематическая погрешность МИС не должна превышать  $\pm 0,2 \% R_k$  для каждой ступени нагружения в диапазоне  $(0,5 \dots 1,0) R_{\max}$ , а в диапазоне  $(0 \dots 0,5) R_{\max}$  –  $0,2 \%$  от  $0,5 R_{\max}$ ;

– при превышении систематической погрешности вышеуказанного значения вывод о пригодности МИС стенда делается после анализа погрешности МИ.

#### 7.1.5 Определение суммарной погрешности МИС

Суммарная погрешность МИС на  $k$ -той ступени нагружения:

$$\Delta_k = \Delta_{rk} + |\Delta_{sk}| \quad (21)$$

Относительная суммарная погрешность МИС на  $k$ -той ступени нагружения:

$$\delta_k = \frac{\Delta_k}{R_k} \times 100\% \quad (22)$$

Суммарная погрешность МИС, приведенная к нагрузке  $0,5 R_{\max}$ , на  $k$ -той ступени нагружения:

$$\gamma_k = \frac{\Delta_{rk}}{0,5 R_{11}} \times 100\% \quad (23)$$

Значения суммарных погрешностей МИС записать в Протокол, приведенный в Приложении 5.

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

– суммарная погрешность МИС не должна превышать  $0,3 \% R_k$  для каждой ступени нагружения в диапазоне  $(0,5 \dots 1,0) R_{\max}$ , а в диапазоне  $(0 \dots 0,5) R_{\max}$  суммарная погрешность МИС не должна превышать  $0,3 \% (0,5 R_{\max})$ ;

– при превышении суммарной погрешности МИС вышеуказанного значения принимается решение о внесении новой градуировочной зависимости или проведении исследования МИС для выяснения причин повышенного значения основной погрешности.



## 7.2 Обработка результатов измерений МИРТ

### 7.2.1 Электронные части ИК МИРТ

#### 7.2.1.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК объемного расхода топлива

Рассчитать имитируемое значение эталонного расхода на  $k$ -й ступени нагружения:

$$\bar{Q}_k = F_k \times B, \quad (24)$$

где  $B$  – коэффициент преобразования системы «ТПР-IFC-15» (л/сГц).

Рассчитать систематическую погрешность электронной части канала:

$$\Delta \tilde{Q}_k = Q_{k,j} - \bar{Q}_k, \quad (25)$$

где  $Q_{k,j}$  – измеренный расход на  $k$ -й ступени нагружения и  $j$ -м отсчете.

Относительная систематическая погрешность электронной части канала на  $k$ -й ступени нагружения:

$$\delta \tilde{Q}_k = \sum_{(j)} (Q_{k,j} - \bar{Q}_k) / n \bar{Q}_k \quad (26)$$

Максимальное значение погрешности  $\delta \tilde{Q}$  занести в Протокол суммарной погрешности МИРТ (Приложение 12).

Случайная погрешность электронного канала объемного расхода не учитывается ввиду ее малости по сравнению с систематической погрешностью ИК.

#### 7.2.1.2 Определение систематической погрешности электронной части ИК плотности

Систематические погрешности электронной части ИК плотности:

$$\Delta \tilde{\rho}_1 = \rho_1 - \bar{\rho}_1, \quad (27)$$

$$\Delta \tilde{\rho}_2 = \rho_2 - \bar{\rho}_2, \quad (28)$$

где  $\rho_1, \rho_2$  – измеренные плотности;  $\bar{\rho}_1, \bar{\rho}_2$  – имитируемые эталонные плотности.

Относительные систематические погрешности ИК плотности:

$$\delta\tilde{\rho}_1 = (\rho_1 - \bar{\rho}_1) / \bar{\rho}_1, \quad (29)$$

$$\delta\tilde{\rho}_2 = (\rho_2 - \bar{\rho}_2) / \bar{\rho}_2. \quad (30)$$

Максимальное значение погрешности  $\delta\tilde{\rho}$  занести в Протокол суммарной погрешности МИРТ (Приложение 12).

Случайная погрешность электронного канала плотности не учитывается ввиду ее малости по сравнению с систематической погрешностью ИК.

## 7.2.2 Первичные преобразователи

### 7.2.2.1 Определение систематической погрешности ТПР

Расход топлива, воспроизводимый образцовой трубопоршневой установкой (ТПУ):

$$\bar{Q}_k = \frac{V_{\text{ТПУ}}}{\tau_k}, \quad (31)$$

где  $\tau_k = \sum_{(j)} \frac{\tau_{kj}}{n}$  – среднее время измерительного цикла на  $k$ -й ступени расхода ( $j = 1, 2 \dots n$  – номер единичного отсчета,  $n = 5$ ),  $V_{\text{ТПУ}}$  – калиброванный объем ТПУ.

Частота выходного сигнала ТПР:

$$f_k = \frac{N_k}{\tau_k}, \quad (32)$$

где  $N_k = \sum_{(k)} N_{kj} / n$  – среднее число импульсов выходной частоты ТПР на  $k$ -й ступени расхода.

Расход, измеренный ТПР на  $k$ -й ступени нагружения:

$$\hat{Q}_k = f_k \times B_k. \quad (33)$$

Относительная систематическая погрешность ТПР на  $k$ -й ступени расхода (%):

$$\delta\hat{Q}_k = \frac{\hat{Q}_k - \bar{Q}_k}{\bar{Q}_k} \times 100 \quad (\text{при } \bar{Q}_k \geq 0,5\bar{Q}_5) \quad (34)$$

Максимальное значение погрешности  $\delta\hat{Q}$  занести в Протокол суммарной погрешности МИРТ (Приложение 12).

#### 7.2.2.2 Определение систематической погрешности денсиметра

– Среднее значение тока с выхода конвертора, преобразующего частотный сигнал денсиметра, заполненного жидкостью с плотностью  $\bar{\rho}_1$ :

$$I_1 = \sum_{(i)} I_{1,i} / n, \quad (35)$$

где  $I_{1,i}$  –  $i$ -й отсчет тока с выхода конвертора;  $n = 5$  – число отсчетов при измерении тока.

– Среднее значение тока с выхода конвертора, преобразующего частотный сигнал денсиметра, заполненного жидкостью с плотностью  $\bar{\rho}_2$ :

$$I_2 = \sum_{(i)} I_{2,i} / n, \quad (36)$$

где  $I_{2,i}$  –  $i$ -й отсчет тока с выхода конвертора.

– Плотности жидкости, измеренные денсиметром:

$$\rho_1 = k_D \times I_1, \quad (37)$$

$$\rho_2 = k_D \times I_2, \quad (38)$$

где  $k_D$  – коэффициент преобразования системы «денсиметр-конвертор», ( $\text{кг/м}^3/\text{мА}$ ).

– Систематическая погрешность денсиметра для каждой жидкости:

$$\Delta\hat{\rho} = \rho_{20} - \bar{\rho}_{20}, \quad (39)$$

где  $\bar{\rho}_{20}$  – эталонная плотность жидкости, приведенная к  $20^\circ\text{C}$ ;  $\rho_{20}$  – измеренные плотности топлива  $\rho_1, \rho_2$ , приведенные к температуре  $20^\circ\text{C}$ .

Случайная погрешность денсиметра не учитывается ввиду ее малости по сравнению с систематической погрешностью.

Денсиметр считается прошедшим поверку при выполнении условий:

$$\Delta \hat{\rho} \leq \pm 0,1 \text{ (кг/м}^3\text{)} \quad (40)$$

Относительная систематическая погрешность денсиметра:

$$\delta \hat{\rho} = \frac{\Delta \hat{\rho}}{\bar{\rho}} \quad (41)$$

Если указанные условия не соблюдаются, то исследуются причины несоответствия, а затем производится повторная поверка.

Максимальное значение погрешности  $\delta \hat{\rho}$  занести в Протокол суммарной погрешности МИРТ (Приложение 12).

### 7.2.3 Определение суммарной погрешности ИК массового расхода

Рассчитать суммарную погрешность канала измерения массового расхода топлива на основании ранее найденных составляющих погрешности электронного канала и погрешностей датчиков, определенных в процессе их поверки:

$$\delta G = (\delta \tilde{Q}^2 + \delta \tilde{\rho}^2 + \delta \hat{Q}^2 + \delta \hat{\rho}^2)^{0,5}, \quad (42)$$

где  $\delta \tilde{Q}$  – максимальная относительная систематическая погрешность измерения электронного канала объемного расхода топлива;

$\delta \tilde{\rho}$  – максимальная относительная систематическая погрешность измерения электронного канала плотности топлива;

$\delta \hat{Q}$  – максимальная относительная систематическая погрешность ТПР, полученная при его очередной поверке;

$\delta \hat{\rho}$  – максимальная относительная систематическая погрешность денсиметра, полученная при его очередной поверке.

## 7.3 Обработка результатов измерений МИРВ

### 7.3.1 Определение систематической погрешности ИК многодиапазонных сканеров давления

Систематические погрешности ИК многодиапазонных сканеров давления рассчитываются по формулам раздела 7.4. Найденные погрешности должны соответствовать требованиям указанного раздела.

### 7.3.2 Определение систематической погрешности электронной части ИК температуры воздуха

Систематические погрешности электронной части ИК температуры воздуха рассчитываются по формулам раздела 7.5.

### 7.3.3 Определение суммарной погрешности электронной части ИК температуры воздуха

Суммарные погрешности электронных частей ИК температуры воздуха рассчитываются по формулам раздела 7.5 с учетом паспортной погрешности термометров сопротивления. Найденные погрешности должны соответствовать требованиям указанного раздела.

### 7.3.4 Определение суммарной погрешности ИК массового расхода воздуха

Основная погрешность ИК МИРВ с учетом погрешности, вносимой трубой Вентури, оценивалась по следующей формуле:

$$\delta G_o = \sqrt{\delta C^2 + \delta \varepsilon^2 + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 \delta D^2 + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 \delta d^2 + 0,25(\delta \Delta p)^2 + 0,25(\delta p_1)^2 + 0,25(\delta T_1)^2}, \quad (43)$$

где  $\delta C = 0,01$ ;

$\delta D = 0,001$  – относительная погрешность диаметра  $D$  трубы Вентури;

$\delta d = 0,001$  – относительная погрешность диаметра  $d$  трубы Вентури;

$\delta \Delta p$  – относительная погрешность  $\Delta p$  – перепада давлений на трубе Вентури (в соответствии с п.7.3.1 для диапазонов 0,36 ... 30 PSI);

$\delta p_1$  – относительная погрешность  $P_1$  – давления на входе в трубу Вентури (в соответствии с п.7.3.1 для диапазонов 250; 500 PSI);

$\delta T_1$  – относительная погрешность  $T_1$  (в соответствии с п.7.3.3).

Относительная погрешность коэффициента сжимаемости расхода в соответствии со стандартом ISO 5167 определяется следующей формулой:

$$\delta \varepsilon = (4 + 100(\beta)^8) \frac{\Delta p}{P_1} = 0,0023$$

– относительная погрешность коэффициента сжимаемости для  $\beta = 0,6$ ;  $\Delta p = 35$  кПа;  $P_1 = 600$  кПа.

## 7.4 Обработка результатов измерений МИД

### 7.4.1 Определение систематических погрешностей ИК МИД

Приведенная систематическая погрешность ИК МИД:

$$\delta P = \frac{\max | (P_K - \bar{P}_K) |}{\bar{P}_{K \text{ MAX}}}, \quad (44)$$

где  $\bar{P}_k$  – средние значения измеренных по прямому и обратному ходу давлений на  $k$ -й ступени нагружения (Протокол 18);

$\bar{P}_{k \text{ MAX}}$  – максимальное значение эталонного давления.

### 7.4.2 Определение вариации (гистерезиса) ИК МИД

Приведенное значение вариации (гистерезиса) ИК МИД:

$$\delta H = \frac{\max | (P_{k \text{ ПР}} - P_{k \text{ ОБР}}) |}{\bar{P}_{K \text{ MAX}}}, \quad (45)$$

где  $P_{k \text{ ПР}}$  – значения измеренных давлений на прямом ходе на  $k$ -той ступени нагружения;

$P_{k \text{ ОБР}}$  – значения измеренных давлений на обратном ходе на  $k$ -той ступени нагружения;

### 7.4.3 Определение суммарных погрешностей ИК МИД

Суммарные погрешности ИК МИД:

$$\delta P_{\text{сум}} = \frac{\sqrt{\frac{\delta H^2}{2} + \delta P^2}}{\bar{P}_{\text{К max}}} \quad (46)$$

Случайные погрешности ИК МИД не учитываются ввиду их малости.

## 7.5 Обработка результатов измерений МИТ

### 7.5.1 Определение систематических погрешностей электронных частей ИК МИТ

Приведенная систематическая погрешность электронных частей ИК МИТ:

$$\delta \tilde{T} = \frac{\max |(T_k - \bar{T}_K)|}{\bar{T}_{\text{К max}}}, \quad (47)$$

где  $\bar{T}_{\text{К max}}$  – максимальное значение эталонной температуры.

Случайные погрешности электронных частей ИК МИТ не учитываются ввиду их малости.

### 7.5.2 Определение систематических погрешностей первичных преобразователей (термометров сопротивления и термопар)

Значения относительных систематических погрешностей для термопар берутся из паспортных данных первичных преобразователей (ГОСТ Р 8.585-2001), для термометров сопротивления – из данных очередных поверок (ГОСТ Р 8.624-2006).

Случайные погрешности первичных преобразователей не учитываются ввиду их малости.

### 7.5.3 Определение суммарных погрешностей ИК МИТ

Суммарные погрешности ИК модуля температуры МИТ рассчитываются на основании ранее найденных систематических погрешностей электронных частей измерительных каналов и первичных преобразователей, определенных по п.7.5.2 (Приложение 20):

$$\delta T = (\delta \tilde{T}^2 + \delta \hat{T}^2)^{0,5}, \quad (48)$$

где  $\delta \tilde{T}$  – систематическая погрешность электронной части канала температуры;  $\delta \hat{T}$  – систематическая погрешность первичного преобразователя.

## 7.6 Обработка результатов измерений ИК МИЧВР

### 7.6.1 Определение систематической погрешности электронного канала МИЧВР

На каждой ступени нагружения определяется среднее арифметическое значение измеренной частоты вращения:

$$F_k = \sum_{j=1}^n F_{kj} / n, \quad (58)$$

где  $F_{kj}$  – измеренные значения частоты в  $j$ -м цикле на  $k$ -й ступени нагружения.

Систематическая погрешность ИК МИЧВР:

$$\delta F = \max \frac{[F_k - \bar{F}_k]}{\bar{F}_k}, \quad (59)$$

где  $\bar{F}_k$  – эталонное значение частоты на  $k$ -й ступени нагружения.

Случайная погрешность электронной части ИК МИЧВР не учитывается ввиду ее малости.

### 7.6.2 Определение суммарной погрешности МИЧВР

Суммарная погрешность ИК МИЧВР принимается равной систематической погрешности электронного канала МИЧВР, так как погрешность датчика частоты вращения, установленного на двигателе, не учитывается ввиду ее малости.



## 7.7 Обработка результатов измерений МИВ

### 7.7.1 Определение систематической погрешности электронной части канала МИВ

Систематическая погрешность электронной части измерительного канала МИВ на  $k$ -й ступени нагружения:

$$\Delta\tilde{\varphi}_k = \varphi_k - \bar{\varphi}_k, \quad (60)$$

где  $\varphi_k$ ,  $\bar{\varphi}_k$  – средние значения (по всем циклам нагружения  $j$ ) измеренной и имитируемой эталонной влажности.

Систематическая погрешность электронной части ИК МИВ:

$$\delta\tilde{\varphi} = \max|\varphi_k - \bar{\varphi}_k| \quad (61)$$

Случайная погрешность электронного канала влажности не учитывается ввиду ее малости по сравнению с систематической погрешностью электронного канала.

### 7.7.2 Определение систематической погрешности первичного преобразователя МИВ

Систематическая погрешность датчика влажности:

$$\delta\hat{\varphi} = \max|\hat{\varphi}_k - \bar{\varphi}_k|, \quad (62)$$

где  $\hat{\varphi}_k$ ,  $\bar{\varphi}_k$  – средние значения измеренной и имитируемой эталонной влажности;

$k$  – номер ступени нагружения.

Случайная погрешность первичного преобразователя не учитывается ввиду ее малости по сравнению с систематической погрешностью.

### 7.7.3 Определение суммарной погрешности МИВ

Суммарная погрешность модуля МИВ рассчитывается на основании ранее найденных составляющих погрешности:

$$\delta\varphi_{\text{сум}} = (\delta\tilde{\varphi}^2 + \delta\hat{\varphi}^2)^{0,5} \quad (63)$$

## **8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

8.1 При положительных результатах поверки модулей и первичных преобразователей оформляется Свидетельство об их поверке в соответствии с Приложением, поверительные клейма наносятся в соответствии с ПР 50.2.002 (Приложение 24).

8.2 При отрицательных результатах поверки модули и первичные преобразователи не допускаются к проведению испытаний, о чем делается запись в паспорте стенда и оформляется Извещение об их непригодности к применению в соответствии с требованиями ПР 50.2.006 (Приложение 25).

8.3 После устранения причин повышенной погрешности систем и первичных преобразователей проводится их повторная поверка в соответствии с требованиями настоящей Методики.

Главный метролог

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

Б.И. Минеев

Заместитель главного метролога

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

А.Л. Ставицкий

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Значения коэффициента Стьюдента-Фишера в зависимости от числа степеней свободы при доверительной вероятности  $P = 0,95$

Число степеней свободы	Коэффициент Стьюдента-Фишера, $\tau$	Число степеней свободы	Коэффициент Стьюдента-Фишера, $\tau$
1	12,706	18	2,103
2	4,303	19	2,093
3	3,182	20	2,086
4	2,776	21	2,080
5	2,571	22	2,074
6	2,447	23	2,069
7	2,365	24	2,064
8	2,306	25	2,060
9	2,262	26	2,056
10	2,228	27	2,052
11	2,201	28	2,048
12	2,179	29	2,045
13	2,160	30	2,042
14	2,145	40	2,021
15	2,131	60	2,000
16	2,120	120	1,980
17	2,110	$\infty$	1,960

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определение порога реагирования МИС системы DAS-1-27/28

Дата \_\_\_\_\_

Сила, действующая на ПР	Дополнительная сила, приложенная к ДМП, Н					Максимальное значение дополнительной силы, Н	Порог реа- гирования, г		Допускаемое значение порога реагирования, % $R_{\max}$
	1	2	3	4	5		Н	% $R_{\max}$	
0,1 $R_{\max}$									0,02
1,0 $R_{\max}$									0,02

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определение коэффициента устойчивости МИС системы DAS-1-OATB

Дата \_\_\_\_\_

Сила, действующая на ПР, даН	Перемещения ПР, мм		
	1-й цикл	2-й цикл	3-й цикл

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения случайной и систематической погрешностей МИС  
системы DAS-1-27/28

№ точки, k	Сила ПГУ, $\bar{R}_k$	Сила, измеренная МИС									
		$R'_{k1}$	$R''_{k1}$	$R'_{k2}$	$R''_{k2}$	$R'_{k3}$	$R''_{k3}$	$R'_{k4}$	$R''_{k4}$	$R'_{k5}$	$R''_{k5}$
1											
2											
...											
...											
...											
10											
11											

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарной погрешности МИС системы DAS-1-27/28

№ точки, k	Сила ПГУ, $\bar{R}_k$	Составляющие суммарной погрешности		Суммарная погрешность		
		Случайная	Систематическая	Абсолютная	Относительная	Приведенная к $0,5 R_{\max}$
1						
2						
...						
...						
...						
10						
11						

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности электронной части канала  
объемного расхода МИРТ системы DAS-1-27/28

№ ступени	Имитируемые расходы, л/мин, кг/мин	Измеренные расходы, л/мин, кг/мин		
k	$\bar{Q}_k$	$Q_{kj}$	$Q_{kj}$	$Q_{kj}$
1				
2				
3				
4				
5				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности электронной части ИК плотности  
топлива МИРТ системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Имитируемая плотность, $\bar{\rho}_k$ , кг/л	Измеренная плотность, $\rho_{kj}$ , кг/л		
1				
2				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности расходомеров МИРТ  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Заданный расход, $\bar{Q}_k$ , л/мин	Измеренный расход, $Q_{kj}$ , л/мин		
1				
2				
3				
4				
5				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности денсиметра МИРТ  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Заданная плотность, $\bar{\rho}_k$ , кг/м <sup>3</sup>	Измеренная плотность, $\rho_k$ , кг/м <sup>3</sup>		
1				
2				

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарной погрешности ИК массового расхода МИРТ  
системы DAS-1-27/28

Максимальные составляющие погрешности				Суммарная погрешность, %
$\delta\tilde{Q}$	$\delta\hat{Q}$	$\delta\tilde{p}$	$\delta\hat{p}$	$\delta G$

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности ИК давления МИРВ  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Эталонное давление, $\bar{P}_k$ , кПа	Измеренное давление, $P_{k,j}$ , кПа		
1				
2				
3				
4				
5				



## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности электронной части

ИК температуры МИРВ системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Имитируемая температура, $\bar{T}_k$ , °C	Измеренная температура, $T_{k,j}$ , °C		
1				
2				
3				
4				
5				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарной погрешности ИК температуры МИРВ

системы DAS-1-27/28

Максимальная погрешность электронной части ИК температуры, % ВП	Паспортная погрешность термометров сопротивления, % ВП	Суммарная погрешность ИК температуры, % ВП

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарной погрешности МИРВ системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Суммарная погрешность ИК температуры, %	Суммарная погрешность ИК перепада давлений, %	Суммарная погрешность ИК абсолютного давления, %	Суммарная погрешность ИК массового расхода, %
1				
2				
3				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения погрешностей ИК МИД

системы DAS-1-27/28

№ ступени нагружения, k	Эталонное давление, $\bar{P}_k$ , кПа	Измеренное давление, $P_k$ , кПа		Погрешности ИК МИД, % ВП		
		Прямой ход	Обратный ход	Систематическая погрешность, $\delta P$	Вариация, $\delta H$	Суммарная погрешность
1						
2						
3						
4						
5						
6						

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности электронной части канала МИТ  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Имитируемая температура, $\bar{T}_k, ^\circ\text{C}$	Измеренная температура, $T_k, ^\circ\text{C}$	
		Прямой ход	Обратный ход
1			
2			
3			
4			
5			

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности термометров сопротивления ИК  
МИТ системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Имитируемая температура, $\bar{T}_k, ^\circ\text{C}$	Измеренная температура, $T_k, ^\circ\text{C}$	
		Прямой ход	Обратный ход
1			
2			
3			
4			
5			

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарной погрешности ИК температуры МИТ  
системы DAS-1-27/28

Максимальная погрешность электронной части ИК температуры, % ВП	Паспортная погрешность ПП (термопар, термометров сопротивления), % ВП	Суммарная погрешность ИК температуры, % ВП

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности электронной части ИК МИЧВР  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Заданная частота, $\bar{F}_k$ , Гц	Измеренная частота, $F_{kj}$ , Гц		
1				
2				
3				
4				
5				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарных погрешностей ИК МИЧВР системы DAS-1-27/28

Максимальная погрешность электронной части ИК, % ВП	Паспортная погрешность датчика частоты вращения, % ВП	Суммарная погрешность ИК, % ВП

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения систематической погрешности электронной части ИК МИВ  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Имитируемая влажность, $\bar{\Phi}_k$ , %	Измеренная влажность, $\Phi_{k,j}$ , %		
1				
2				
3				
4				
5				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения погрешности первичных преобразователей МИВ  
системы DAS-1-27/28

№ ступени, k	Заданная влажность, $\bar{\varphi}_k$ , %	Измеренная влажность, $\varphi_{i,k}$		
1				
2				
3				
4				
5				

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения суммарных погрешностей ИК МИВ системы DAS-1-27/28

Максимальная погрешность электронной части ИК, % ВП	Максимальная погрешность датчика влажности, % ВП	Суммарная погрешность ИК, % ВП

Приложение 24

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ  
ИМЕНИ П.И. БАРАНОВА»**

**СВИДЕТЕЛЬСТВО  
О ПОВЕРКЕ № \_\_\_\_\_**

Действительно до  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

Средство измерения \_\_\_\_\_  
(наименование, тип, серия и номер клейма предыдущей поверки,  
если такие номер и серия имеются)

---

заводской номер

---

принадлежащее

---

наименование юридического (физического) лица, ИНН

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки

признано пригодным к применению

Поверительное клеймо

Главный метролог

Подпись

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Поверитель

Подпись

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_ г.

## Приложение 25

### **ИЗВЕЩЕНИЕ** **о непригодности к применению № \_\_\_\_\_**

Средство измерения

наименование, тип

Заводской номер

Принадлежащее

наименование юридического (физического) лица

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано непригодным к применению в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Причина непригодности

Главный метролог

подпись

Ф.И.О.

Поверитель

подпись

Ф.И.О.