

1299

**СОГЛАСОВАНО**

Главный инженер ФГУП  
«Завод им. В.Я. Климова»

1 

Ю.Д. Козлов

« 02 » 12 2006 г



**УТВЕРЖДАЮ**

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ФНИИИ МО РФ



А.Ю. Кузин

« 06 » декабря 2006 г

### Инструкция

**Системы измерительные СИ-ТВ7-117**


**Методика поверки**

**061.014.06МП**

2006 г

**СОГЛАСОВАНО**


Главный инженер ФГУП  
«Завод им. В.Я. Климова»

  
\_\_\_\_\_  
Ю.Д. Козлов  
« 02 » 12 2006 г



**УТВЕРЖДАЮ**

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ

  
\_\_\_\_\_  
А.Ю. Кузин  
« 06 » декабря 2006 г

### Инструкция

**Системы измерительные СИ-ТВ7-117**

**Методика поверки**

**061.014.06МП**

**2006 г**

**СОГЛАСОВАНО**

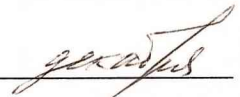
**УТВЕРЖДАЮ**

Главный метролог ФГУП  
«Завод им.В.Я. Климova»

НАЧАЛЬНИК ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИ МО РФ

  
\_\_\_\_\_ В.М. Иванов

\_\_\_\_\_ А.Ю. Кузин

« 14 »  2006 г

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2006 г

### **Инструкция**

**Системы измерительные**  
**стендов для испытаний газотурбинных двигателей СИ-ТВ7-117**

**Методика поверки**

**061.014.06МП**

2006 г

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
1 Операции поверки	7
2 Средства поверки	8
3 Требования безопасности	10
4 Условия поверки	11
5 Подготовка к поверке	12
6 Проведение поверки	13
6.1 Внешний осмотр	13
6.2 Загрузка компьютерной программы	13
6.3 Опробование ИК	13
6.4 Установление способов и параметров поверки	14
6.5 Поверка подсистемы измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления Поверка ИК подсистемы измерения давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы	15
6.6 Поверка ИК подсистемы измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры	16
6.7 Поверка ИК подсистемы измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры	18
6.8 Поверка ИК подсистемы измерения частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов	19
6.9 Поверка ИК подсистемы измерения расхода топлива	20
6.10 Поверка ИК подсистемы измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации	20

6.11	Поверка ИК подсистемы измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения	21
6.12	Поверка ИК подсистемы измерения интервалов времени	22
6.13	Определение характеристик чувствительности к влияющим величинам	23
7	Обработка результатов поверки	24
8	Оформление результатов поверки	32
	Приложение А. Основные технические и метрологические характеристики измерительной системы СИ-ТВ7-117	33
	Приложение Б. Значения коэффициента Стьюдента-Фишера в зависимости от числа степеней свободы при доверительной вероятности $P=0,95$	37
	Приложение В. Протокол №.....определения погрешностей и диапазонов измерений ИК подсистемы измерения .....измерительной системы СИ-ТВ7-117 стенда № ... для испытаний турбовинтового двигателя ФГУП «Завод им. В.Я. Климова»	38

## ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодической поверок измерительных каналов (ИК) систем измерительных СИ-ТВ7-117 стендов для испытаний турбовинтовых двигателей, принадлежащих ФГУП «Завод им.В.Я. Климova» и предназначенных для испытаний ТВД ТВ7-117 и его модификаций на стендах № 6 и 30. **Перечень параметров системы измерительной СИ-ТВ7-117СТ (далее по тексту ИС), подлежащих поверке, и пределы допускаемых погрешностей измерения этих параметров приведены в приложении А.**

МП разработана в соответствии с требованиями: ОСТ 1 01021-93, ГОСТ 8.009-84, ГОСТ 8.207-76, ПР 50.2.006-94, МИ 2083-90, РМГ 51-2002.

ИС представляются на поверку со следующими комплектами технической документации: Формуляром. Руководством по эксплуатации. Методикой поверки.

ИС представляет собой измерительную систему вида ИС-2 по ГОСТ Р 8.596-2002.

ИС включает в себя подсистемы для измерений следующих параметров ТВД:

- частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов;
- температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры;
- температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры;
- давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления;
- давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы;
- расхода топлива;
- параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации;
- угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения;
- интервалов времени.

Поверка измерительных каналов (ИК) ИС осуществляется двумя способами:

- комплектным способом, при котором проводится градуировка всего ИК и по результатам определяются его метрологические характеристики как единого целого;
- поэлементным, когда проводится поверка отдельных частей ИК комплектным способом и по полученным результатам определяются МХ ИК в целом. Для этого способа допускается использовать стандартизованные МХ отдельных частей ИК.

Обработка результатов поверки ИК при прямых измерениях проводится в соответствии с ГОСТ 8.207-76.

Обработка результатов поверки ИК при косвенных измерениях проводится в соответствии с МИ 2083-90.

Периодичность поверки ИС: 1 раз в год

## 1.2 Нормативные ссылки:

- ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений;
- ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
- ГОСТ 6651-94 Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний;
- ГОСТ Р 8.585-2001 ГСИ Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования;
- МИ 2083-90 ГСИ Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей;
- МИ 2091-90. ГСИ Измерения величин. Общие требования.
- МИ-187-86 ГСИ Средства измерений. Критерии достоверности и параметры методик поверки;
- МИ188-86 ГСИ Средства измерений. Установление значений параметров методик поверки;
- ОСТ 1 01021-93 Стенды для испытаний авиационных ТВД в наземных условиях. Общие технические требования;
- ПР 50.2.006-94 ГСИ Порядок проведения поверки средств измерений;
- ЖЯИУ. 421431.003 МП Аппаратура измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М. Методика поверки;
- ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление, зануление;
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;
- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность.

## 1.3 Принятые в документе сокращенные обозначения:

- ТВД – турбовинтовой двигатель;
- МП - методика поверки;
- УИУ – устройство измерительно-управляющее;
- АИИС – автоматизированная информационно-измерительная система;
- ИК - измерительный канал;
- ИС - измерительная система;
- ПП - первичный преобразователь;
- ПК - персональный компьютер;
- ИРП – измерительно-регистрирующий прибор;
- РЭ - рабочий эталон;
- ТДР, ТПР - турбинный преобразователь расхода жидкости;
- НСП – неисключенная систематическая погрешность;
- СКО – среднее квадратическое отклонение;
- НСХП – номинальная статическая характеристика преобразования;

МХ – метрологические характеристики;

ВП – верхний предел измерений;

ИЗ - измеренное значение;

НЗ - нормированное значение.

Перечень метрологических характеристик, подлежащих определению при поверке приведен в таблице 1.

Таблица 1

Наименование метрологической характеристики	Условное обозначение
<p>1 Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений:</p> <p>1.1 Индивидуальная функция преобразования</p> <p>1.2 Цена единицы наименьшего разряда кода АЦП или цена деления шкалы ИРП</p>	<p>полином степени <math>n \leq 4</math>  <math>x=f(y)= a_0+a_1+\dots+a_n y^n</math>;                      кусочно-линейная функция  <math>x=x_k+q_{sk}(y-y_k)</math></p> <p><math>q_{sf}</math></p>
<p>2 Характеристики погрешностей:</p> <p>2.1 Характеристики основной погрешности на каждой <math>k</math>-той контрольной точке:</p> <p>2.1.1 Неисключенная систематическая составляющая абсолютной погрешности</p> <p>2.1.2 Среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей абсолютной погрешности.</p> <p>2.1.3 Абсолютное значение вариации</p> <p>2.1.4 Случайная составляющая абсолютной погрешности</p> <p>2.1.5 Абсолютная погрешность</p> <p>2.2 Характеристики основной погрешности:</p> <p>2.2.1 Абсолютная погрешность</p> <p>2.2.2 Относительная погрешность</p> <p>2.2.3 Приведенная к ВП (НЗ) погрешность</p> <p>2.2.4 Приведенная к 0,5ВП погрешность</p> <p>2.4 Характеристики суммарной погрешности в реальных условиях эксплуатации.</p> <p>2.4.2 Абсолютная погрешность.</p> <p>2.4.3 Относительная погрешность.</p> <p>2.4.4 Приведенная к ВП (НЗ) погрешность</p> <p>2.4.5 Приведенная к 0,5 ВП погрешность.</p>	<p><math>\tilde{\Delta}_{оск}</math></p> <p><math>\tilde{\sigma}[\Delta_{ок}]</math></p> <p><math>\tilde{H}_{ок}</math></p> <p><math>\tilde{\Delta}_{ок}</math></p> <p><math>\tilde{\Delta}_{окабс}</math></p> <p><math>\tilde{\Delta}_o</math></p> <p><math>\tilde{\delta}_o</math></p> <p><math>\tilde{\gamma}_o</math></p> <p><math>\tilde{\gamma}_o^*</math></p> <p><math>\tilde{\Delta}</math></p> <p><math>\tilde{\delta}</math></p> <p><math>\tilde{\gamma}</math></p> <p><math>\tilde{\gamma}^*</math></p>



## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении первичной и периодической поверок ИК должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции	
		Первичная поверка	Периодическая поверка
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	6.1	да	да
2 Загрузка компьютерной программы	6.2	да	да
3 Опробование.	6.3	да	да
4 Установление способов и параметров поверки	6.4	да	да
5 Поверка ИК	6.5...6.12	да	да
6 Определение характеристик чувствительности к влияющим величинам	6.13	да	нет
7 Обработка результатов поверки	7.1...7.8	да	да

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки используются рабочие эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2.

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
6.5	Портативный калибратор давления Метран-501-ПКД-Р: диапазон воспроизведения давления от минус 63 кПа до 60 МПа, погрешность не более $\pm 0,05\%$ .
6.5	Калибратор программируемый ПЗ20: диапазон воспроизведения напряжения от 0 до 10 В, погрешность $\pm(10U_k+40)$ мкВ; диапазон воспроизведения тока от 0 до 100 мА, погрешность $\pm(0,05 \cdot I_k+1)$ мкА.
6.7	Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03: диапазон от 0 до 100 мВ; погрешность $\pm(0,05+0,0075(U/U_k-1))\%$
6.6, 6.9,	Магазин сопротивлений МСР-60М: диапазон измерений от 0,01 до 11111,1 Ом; относительная погрешность $0,02/2 \cdot 10^{-6}$ .
6.6, 6.7	Калибратор температуры FLUKE серии 500, модель 518: диапазон от минус 30 до 670 °С; погрешность $\pm 0,25$ °С.
6.8, 6.9	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110, диапазон воспроизведений частоты от 0,01 Гц до 2 МГц, погрешность $\pm 5 \cdot 10^{-5}\%$
6.9	Ареометр АНТ-1: диапазон измерения от 750 до 830 кг/м <sup>3</sup> ; Погрешность $\pm 0,5$ кг/м <sup>3</sup> .
6.12	Вибропреобразователь 8305 фирмы «Брюль и Кьер»: частотный диапазон от 0,1 до 4500 Гц, чувствительность 0,125 пКл/м/с <sup>2</sup> ; погрешность $\pm 3\%$ .
6.13	Оптическая делительная головка ОДГЭ-20: диапазон измерений от 0 до 360°, погрешность не более 15".
6.14	Генератор функциональный SFG-830: диапазон воспроизведения частоты от 20 мГц до 20 МГц; точность установки частоты $10^{-5}$ .
5	Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1: диапазон измерений от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт.ст.); погрешность $\pm 33$ Па, ( $\pm 0,25$ мм рт.ст).

<i>Номер пункта документа по поверке</i>	<i>Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки</i>
5	Измеритель влажности и температуры ИПТВ-056/МЗ-03: диапазон измерений влажности от 0 до 100 %, погрешность не более $\pm 2$ %.
	<u><i>Вспомогательное оборудование</i></u>
5	Термометр стеклянный ртутный лабораторный ТЛ-4: диапазон измерения от 0 до 55 °С; погрешность $\pm 0,2$ °С.

2.2 При проведении поверки допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности и диапазону измерения требованиям настоящей методики.

2.3 При поверке должны использоваться средства измерений утвержденных типов.

2.4 Используемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке

### 3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки ИС необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030.0-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.004-91 и требования безопасности, указанными в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

- к работе по выполнению поверки (калибровки) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие аттестацию по технике безопасности и промышленной санитарии, ознакомленные с эксплуатационной документацией на стенд, с инструкцией по эксплуатации электрооборудования стенда и с настоящей методикой;
- электрооборудование стенда, а также электроизмерительные приборы, используемые в качестве средств поверки, должны быть заземлены, блоки питания должны иметь предохранители номинальной величины;
- работы по выполнению поверки ИС должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за эксплуатацию испытательного стенда.

#### 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

Условия окружающей среды в испытательном боксе:

- температура воздуха, °С (К).....от 10 до 30 (от 283 до 303);
- относительная влажность воздуха, %..... не более 90;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа)..... от 710 до 790 (от 94,7 до 105,3).

Условия окружающей среды в помещении пультовой:

- температура воздуха, °С (К).....  $20 \pm 5$  (от 288 до 298);
- относительная влажность воздуха, %..... $65 \pm 15$ ;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа)..... от 710 до 790 (от 94,7 до 105,3).

Питание электронных приборов и ПК:

- напряжение питающей сети, В ..... $220 \pm 22$ ;
- частота питающей сети, Гц..... $50 \pm 1$ .

*Примечание.* При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать требованиям, указанным в их руководствах по эксплуатации.

## 5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке проводят следующие работы:

- проверить комплектность технологической и эксплуатационной документации ИС;
- проверить наличие поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на эталонные и вспомогательные средства поверки;
- подготовить к работе все приборы и аппаратуру согласно руководства по их эксплуатации 06Ц-07.00.26.049 РЭ;
- собрать схемы поверки ИК подсистем в соответствии с блок-схемами, приведенными в разделе 6 методики поверки 061.014.06МП, и проверить целостность электрических цепей;
- обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК подсистем;
- включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
- включить питание измерительных преобразователей и аппаратуры ИС;
- создать, проконтролировать и записать в протокол поверки условия окружающей среды.

## 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие ИС следующим требованиям:

- комплектность ИС должна соответствовать указанной в формулярах 06Ц-07.06.26.048 ФО стенда № 6 и 06Ц-07.06.26.047 ФО стенда № 30;
- маркировка ИС должна соответствовать требованиям эксплуатационной документации;
- наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам);
- измерительные средства, входящие в ИС СИ-ТВ7-117, не должны иметь внешних повреждений, которые могут влиять на работу ИС, при этом должно быть обеспечено надежное крепление соединителей и разъемов, отсутствие нарушений экранировки кабелей и качественное заземление.

### 6.2 Загрузка компьютерной программы

Комплектную и поэлементную поверку ИК ИС СИ-ТВ7-117 осуществлять различными компьютерными программами, работающими в ОС Linux и ОС Windows соответственно.

При комплектной поверке загрузку компьютерной программы осуществлять в следующей последовательности:

- войти в каталог */das*;
- загрузить программу *calibr.tcl*;
- в открывшемся окне «Программа метрологических исследований» выбрать режим поверки, номера поверяемых каналов и описание поверки;
- в открывшемся окне проведения поверки отображается вся информация о поверке ИК.

При поэлементной поверке ИК ИС СИ-ТВ7-117 загрузку компьютерной программы осуществлять в следующей последовательности:

- войти в директорию *C:\Program Files\METP\_УИУ2002\*;
- загрузить программу *MetrUIU.exe*;
- в открывшемся окне «Конфигурация УИУ» выбрать режим поверки и поверяемый модуль УИУ2001, и нажать мышкой по кнопке «Метрология»;
- в открывшемся окне «Метрология» выбрать номер ИК, тип датчика, тип градуировки.

Программа готова к проведению поверки.

Информация на всех этапах поверки отображается на дисплее.

### 6.3 Опробование ИК

При опробовании ИК проверить правильность его функционирования.

Для этого необходимо подать на вход ИК с помощью рабочих эталонов минимальное контрольное значение эталонного физического параметра или имитирующе-

го сигнала, а также значения равные 0,5 ВП и 1,0 ВП и наблюдать результаты измерений на экране монитора.

Убедиться в правильности функционирования ИК. Правильность функционирования проверяется выполнением следующего критерия:

$$\max |x_k - x| < \Delta ,$$

где  $x_k$  – задаваемые эталонные значения физического параметра в  $k$ -той контрольной точке;

$x$  – выведенный на экране монитора результат измерения физического параметра в  $k$ -той контрольной точке;

$\Delta$  - допускаемая абсолютная погрешность ИК.

#### 6.4 Установление способов и параметров поверки

6.4.1 Установлены два способа поверки ИК ИС СИ-ТВ7-117:

- комплектный;
- поэлементный.

6.4.2 При *комплектной* поверке градуировку ИК проводить в следующей последовательности.

Установить с помощью РЭ в диапазоне градуировки последовательно  $p$  контрольных точек (ступеней) входной величины  $x_k$  от  $x_0$  до  $x_p$  (прямой ход) и  $p$  контрольных точек входной величины  $x_k$  от  $x_p$  до  $x_0$  (обратный ход),

$$x_k = x_0 + ((x_p - x_0)/p) \times k,$$

где:  $k$ -номер ступени (контрольной точки),  $k=0,1,2,\dots,p$ ;

$x_0, x_p$ -нижний и верхний пределы диапазона измерений поверяемых каналов.

На каждой ступени при прямом и обратном ходе произвести  $m$  отсчетов измеряемой величины. Указанные циклы измерения (прямой и обратный ходы) повторить  $l$  раз. В результате в памяти компьютера запоминаются массивы значений выходной величины  $y'_{икп}$  при прямом ходе и  $y''_{икп}$  при обратном ходе,

где:  $i$ -номер градуировки; ( $i=1,2,\dots,l$ );

$n$ -номер отсчета в каждой контрольной точке ( $n=1,2,\dots,m$ ).

*Примечание.* Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускается обратные ходы градуировки не проводить.

Подход к выбору количества ступеней нагружения и количества наблюдений при проведении поверки измерительных каналов в общем виде изложен в методических указаниях МИ 187-86, МИ 188-86.

С учетом рекомендаций этих документов, а также исходя из опыта применения средств и методов измерений близких к используемым в СИ-ТВ7-117СТ, могут быть приняты следующие значения параметров  $p, l, m$ :

- при первичной поверке  $p \geq 5; l \geq 5; m \geq 1$ ;
- при периодической поверке:  $p \geq 5; l \geq 3; m \geq 1$



Принятые значения параметров  $p$ ,  $l$ ,  $t$  в дальнейшем могут быть скорректированы по результатам первичной и периодической поверок СИ-ТВ7-117.

6.4.3 При *поэлементном* способе поверки ИК проводится автономная *комплектная* поверка его части, включающей ПП с ИРП, по установленным методикам поверки, а другая часть, включающая УСО УИУ-2001 и ПК поверяется *комплектно* в составе стендовой ИС в следующей последовательности:

- установить на входе УСО УИУ 2001 с помощью РЭ последовательно три контрольных значения входной величины  $x_k$  равные минимальному, среднему и максимальному значениям диапазона измерений измерительного модуля УИУ;

- при каждом контрольном значении входной величины  $x_k$  произвести 80 отсчетов измеряемой величины.

*Примечание.* При поверке ИК интервалов времени устанавливается одно контрольное значение времени равное 50 с.

6.5 Поверка ИК подсистемы измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления

Поверка ИК подсистемы измерения давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы.

6.5.1 Блок-схема *комплектной* поверки ИК подсистемы измерения давления приведена на рис. 1

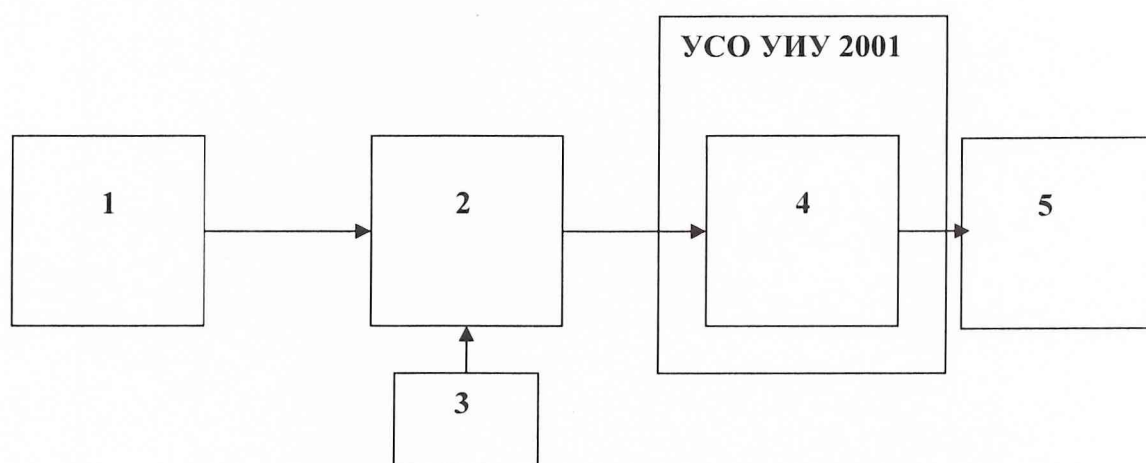


Рис.1

- 1- РЭ давления (МЕТРАН-501-ПКД-Р);
- 2 - датчики давления МИДА, МЕТРАН, САПФИР, ИКД;
- 3 - блок питания (22БП36, 4БП36, БП-КАРАТ-22, МИДА-БП-101, МИДА-БП -104);
- 4 - модуль измерительный МИ-1;
- 5 - ПК.

Поверку проводить в следующей последовательности.

Отсоединить вход первичного преобразователя давления от измерительной магистрали испытательного стенда и соединить его с РЭ давления. Провести поверку ИК давления в соответствии с методикой раздела 6.4.2.

6.5.2 Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения давления включает в себя:

- автономную поверку датчиков давления по установленным методикам;
- поверку ИК напряжения постоянного тока по методике раздела 6.4.3 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.2

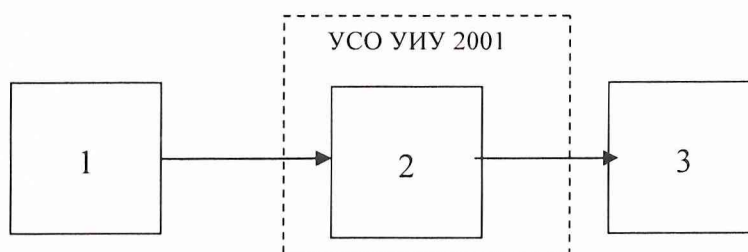


Рис.2

- 1 - РЭ (калибратор программируемый ПЗ20);
- 2 - модуль измерительный МИ-1;
- 3 - ПК.

6.5.3 Комплектная поверка напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления, проводится согласно блок-схемы, приведенной на рис.2 по методике раздела 6.4.3.

6.6 Поверка ИК подсистемы измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры

6.6.1 Комплектная поверки ИК подсистемы измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСМ, ТСП) проводится в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.3.

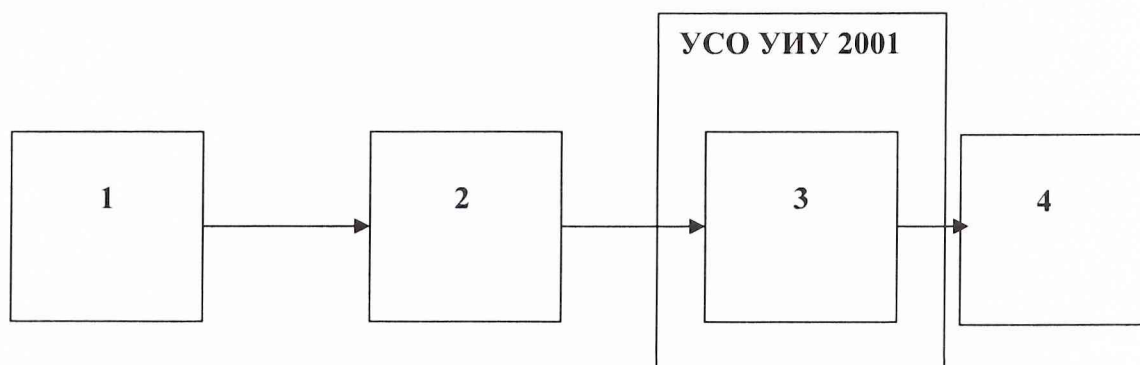


Рис. 3

- 1 – РЭ (калибратор температуры Fluke);
- 2 – термопреобразователь сопротивления ТСП (ТСМ);
- 3 - измерительный модуль МИ-1;
- 4 - ПК.

Провести поверку ИК в соответствии с методикой раздела 6.4.2, задавая контрольные значения температуры с помощью РЭ Fluke.

6.6.2 *Поэлементная* поверка ИК подсистемы измерения температуры термопреобразователями сопротивления ТСМ, ТСП включает в себя:

- автономную поверку термопреобразователей сопротивления ТСМ, ТСП по утвержденным методикам (допускается использование НСХП преобразователей ТСП, ТСМ по ГОСТ 6651-94;

- поверку ИК сопротивления в соответствии с блок схемой, приведенной на рис. 4, по методике раздела 6.4.3. Для этого отсоединяют электрический кабель от термопреобразователя сопротивления, входящего в состав поверяемого ИК, и вместо термопреобразователя сопротивления подключают с помощью жгута-переходника к этому кабелю магазин сопротивлений МСР-60М. Значения эталонного сопротивления в контрольных точках термопреобразователя сопротивления берутся в соответствии с НСХП по ГОСТ 6651-94;

- определение суммарной погрешности ИК с учетом НСП термопреобразователя сопротивления (ГОСТ 6651-94).

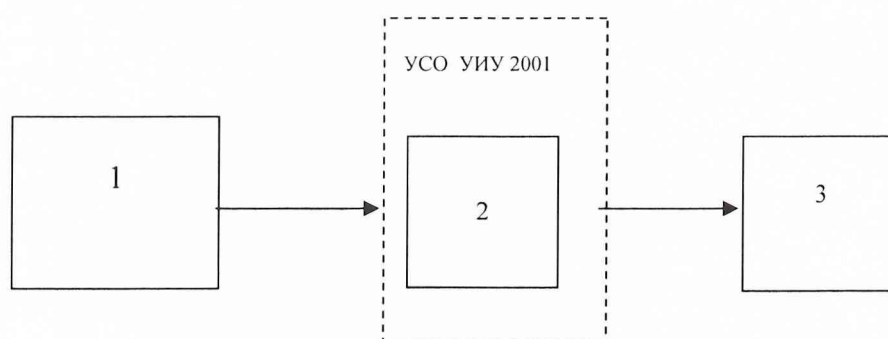


Рис.4

- 1 – РЭ (магазин сопротивлений МСР-60М);
- 2 - модуль измерительный МИ-1;
- 3 - ПК.

6.6.3 *Комплектная* поверка ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, измеряемой термопреобразователями сопротивления ТСМ, ТСП, проводится согласно блок-схемы, приведенной на рис.4 по методике раздела 6.4.3.

6.7 Поверка ИК подсистемы измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры

6.7.1 Блок-схема комплектной поверки ИК подсистемы измерения температуры термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК приведена на рис.5.

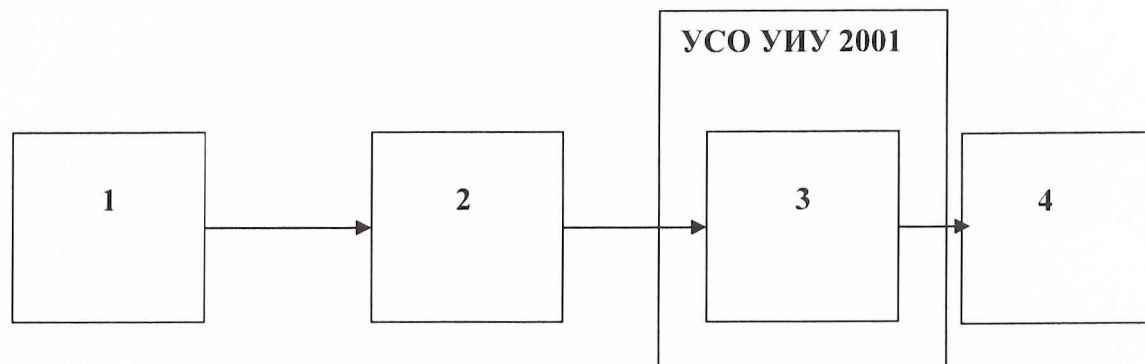


Рис. 5

- 1 – РЭ (калибратор температуры);
- 2 – термоэлектрический преобразователь ХА, ХК;
- 3 - модуль измерительный МИ-1;
- 4 – ПК.

Провести поверку ИК в соответствии с методикой раздела 6.4.2, задавая контрольные значения РЭ температуры.

6.7.2 Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения температуры ХА, ХК термоэлектрическими преобразователями включает в себя:

- автономную поверку термоэлектрических преобразователей ХА, ХК по утвержденным методикам (допускается использование НСХП преобразователей ХА, ХК по ГОСТ Р 8.585-2001) ;

- поверку ИК температуры в соответствии с блок схемой, приведенной на рис. 6 по методике раздела 6.4.3. Для этого отсоединить провода термопары, входящей в состав поверяемого ИК, от клеммного блока и подключить вместо нее к клеммному блоку рабочий эталон. Провести поверку ИК температуры в соответствии с методикой раздела 6.4.3. Значения эталонного напряжения, задаваемого в контрольных точках, рассчитываются для каждого типа термопар с помощью полинома или берутся согласно ГОСТ Р 8.585-2001;

- определение суммарной погрешности ИК с учетом НСП термопар (ГОСТ Р 8.585-2001).

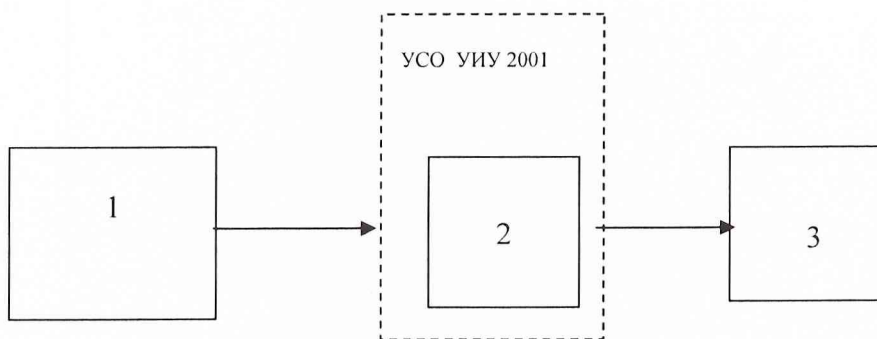


Рис.6

- 1 - РЭ ( калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03);
- 2 – модуль измерительный МИ-1;
- 3 – ПК.

6.7.3 *Комплектная поверка ИК* напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК, производится согласно блок-схемы, приведенной на рис.6, по методике раздела 6.4.3.

6.8 *Поверка ИК подсистемы измерения частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов*

Блок-схема поверки ИК подсистемы измерения частоты вращения роторов приведена на рис.7.

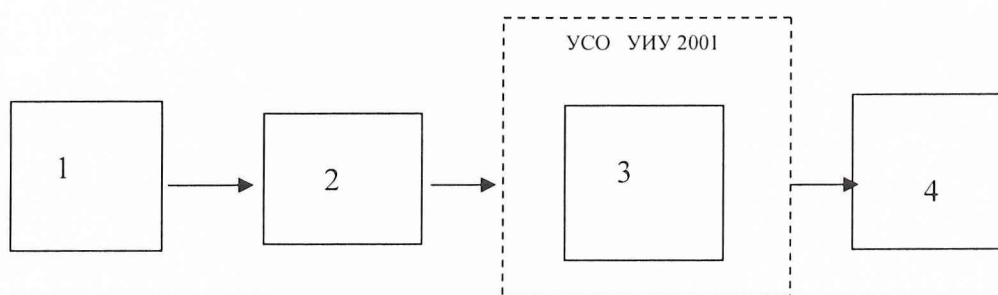


Рис.7

- 1 – РЭ (генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110);
- 2 - блок преобразования частоты ПЧ-2;
- 3 - модуль частотный МЧ;
- 4 – ПК.

Поверке подвергается ИК без датчика в следующей последовательности.

Отсоединить электрический кабель поверяемого ИК от установленного на двигателе датчика частоты вращения и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110. Провести поверку ИК в соответствии с методикой раздела 6.4.3.

### 6.9 Поверка ИК подсистемы измерения расхода топлива

Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения расхода топлива включает в себя:

- автономную поверку по установленным методикам преобразователей расхода топлива ТДР, ТПР и ареометра АНТ-1;
- поэлементную или комплектную поверку ИК температуры топлива по методике раздела 6.6;
- поверку ИК частоты выходного электрического сигнала датчиков расхода топлива по методике раздела 6.8.

Обработка результатов поверки проводится в соответствии с МИ 2083-90.

### 6.10 Поверка ИК подсистемы измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации

6.10.1 Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения параметров вибрации включает в себя:

- автономную поверку аппаратуры измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М в комплекте с датчиками вибрации МВ-43-2Б, МВ-38 и др. по методике поверки ЖЯИУ. 421431.003 МП.

- поверку ИК напряжения постоянного тока, соответствующего параметрам вибрации, согласно блок-схемы, приведенной на рис.8. Для этого отсоединяют электрический кабель поверяемого ИК от выхода аппаратуры ИВ-Д-СФ-3М и с помощью жгута-переходника подключают к этому кабелю калибратор ПЗ20. Поверку проводить по методике раздела 6.4.3.

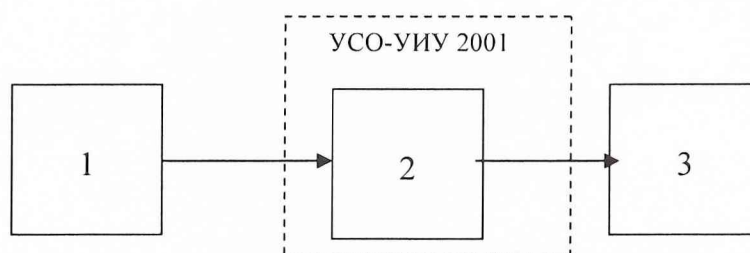


Рис.8

- 1 - РЭ (калибратор программируемый ПЗ20);
- 2- модуль измерительный МИ-1;
- 3 - ПК.

6.10.2 Комплектная поверка ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации, проводится согласно блок-схемы, приведенной на рис.8 по методике раздела 6.4.3.

### 6.11 Поверка ИК подсистемы измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения

6.11.1 Блок-схема комплектной поверки ИК подсистемы измерения угловых перемещений приведена на рис.9.

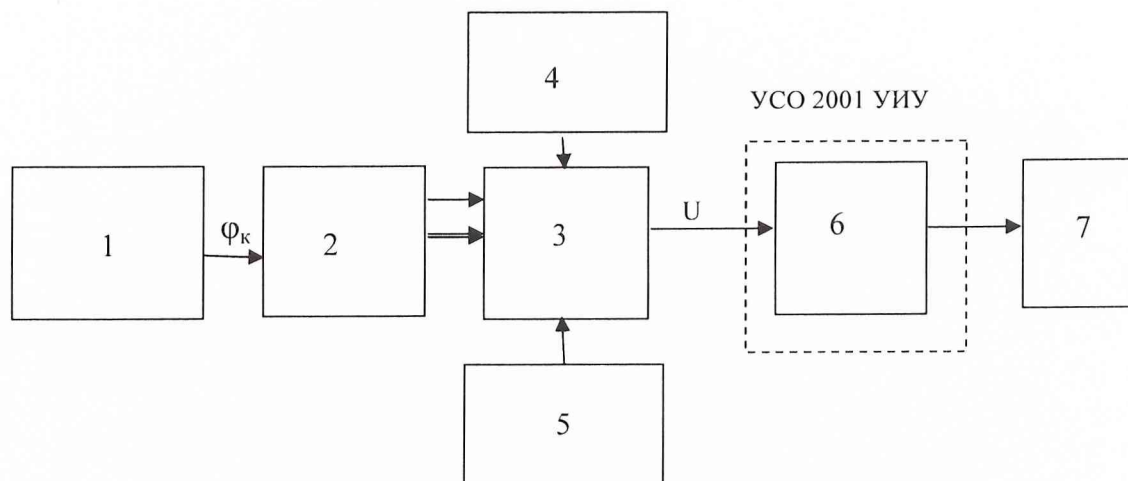


Рис.9

- 1 – РЭ (делительная головка ОДГЭ-20);
- 2 - сельсин - датчик ДС-11;
- 3 - сельсин-приемник БСС3 05;
- 4,5- блоки питания БП ДС-11и БСС3-05;
- 6 - модуль измерительный МИ-1;
- 7 - ПК.

Поверку производить в следующей последовательности:

- установить сельсин-датчик на делительную головку;
- произвести подключения электрических коммуникаций согласно приведенной на рис.9 блок-схемы;
- провести поверку ИК подсистемы угловых перемещений по методике раздела 6.4.2, устанавливая контрольные значения углов  $\varphi_k$  делительной головкой ОДГЭ-20.

6.11.2 Блок схема *комплектной* поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения, приведена на рис.10.

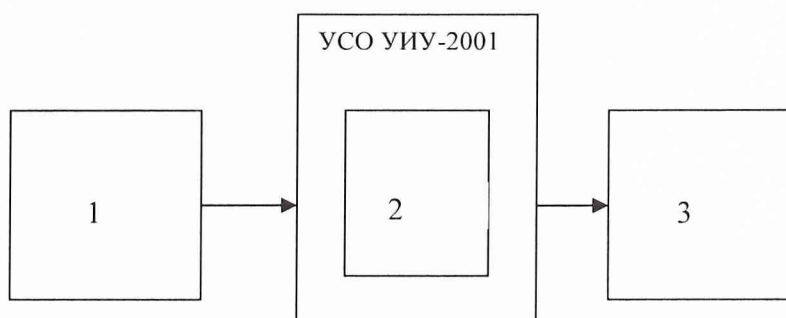


Рис.10

- 1 – РЭ (калибратор программируемый ПЗ20);
- 2 - модуль измерительный МИ-1;
- 3 – ПК.

Поверку проводить в следующей последовательности.

Отсоединить электрический кабель поверяемого ИК от сельсина- приемника и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭ (ПЗ20). Провести поверку ИК в соответствии с методикой раздела 6.4.3.

### 6.12 Поверка ИК подсистемы измерения интервалов времени

Блок-схема комплектной поверки ИК подсистемы измерения интервалов времени приведена на рис.11.

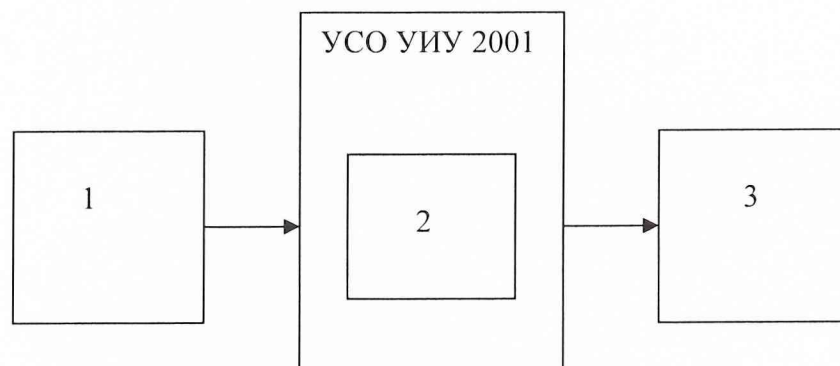


Рис.11

- 1 – РЭ (генератор функциональный SFG-830);
- 2 – модуль частотный МЧ;
- 3 - ПК.

Поверку проводить в следующей последовательности:

- установить на генераторе SFG-830 амплитуду выходного сигнала 5 В, частоту выходного сигнала  $f = 0,02$  Гц (временной интервал  $T=50$  с);
- перевести УИУ 2001 в режим измерения значений временного интервала;
- произвести измерение временного интервала.

### 6.13 Определение характеристик чувствительности к влияющим величинам

К влияющим величинам относятся:

- отклонение условий окружающей среды (температура, давление, влажность) от нормальных;
- отклонение параметров электропитания измерительных приборов и аппаратуры от номинальных значений;
- динамические помехи и воздействие механических факторов;
- электрические помехи;
- влияние фактора времени с начала испытаний (временная нестабильность СИ) и др.

Дополнительная погрешность  $\Delta j_{доп}$  из-за  $j$ -той влияющей величины учитывается при оценке суммарной погрешности ИК СИ при выполнении критерия существенности

$$\Delta j_{доп} / \Delta_{осн} \geq 0,17,$$

где  $\Delta_{осн}$  - основная погрешность ИК.

Характеристики чувствительности к влияющим величинам оцениваются либо расчетным способом по паспортным данным на датчики и измерительную аппаратуру или путем экспериментальных исследований. В последнем случае проводят пятикратные градуировки при максимальном, минимальном и номинальном значениях влияющих величин по методике раздела 6.4.2...6.4.3.



## 7 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты измерений, полученные при определении градуировочных характеристик ИК, обрабатывают в следующем порядке.

7.1 Находят и исключают грубые промахи.

При нормальном законе распределения результатов наблюдений грубые промахи исключают в соответствии с указаниями МИ 2091 для случая, когда неизвестно генеральное среднее квадратическое отклонение (СКО) и генеральное среднее при уровне значимости  $\alpha=0,05$ .

В случае, когда факт появления грубого промаха установлен достоверно, его отбраковка производится оператором ЭВМ на стадии просмотра результатов наблюдений при градуировке.

7.2 *Определение индивидуальной функции преобразования.*

Индивидуальную функцию преобразования ИК ИС определяют по результатам градуировки в виде обратной функции, т.е. как зависимость значений величины  $x$  на входе ИС от значений  $y$  на ее выходе. Эту функцию представляют либо в виде степенного полинома, если нелинейность функции такова, что с достаточной точностью можно ограничиться аппроксимирующим полиномом не выше 4-й степени:

$$x = a_0 + a_1 \cdot y + \dots + a_n \cdot y^n \quad (1)$$

либо кусочно-линейной зависимостью

$$x = x_k + q_{\text{sfk}} \cdot (y - y_k), \quad (2)$$

где  $a_0, a_1, \dots, a_n$  – коэффициенты аппроксимирующей функции преобразования, определяемые методом наименьших квадратов;

$x_k$  – эталонное значение входной величины на  $k$ -той ступени;

$q_{\text{sfk}}$  – цена единицы наименьшего разряда кода на  $k$ -той ступени;

$y_k$  – среднее значение результатов наблюдений выходной величины при градуировке на  $k$ -той ступени.

Величины  $y_k$  и  $q_{\text{sfk}}$  определяются по формулам:

$$y_k = \sum_i \sum_n (y'_{ikn} + y''_{ikn}) / 2 \cdot l \cdot m, \quad (3)$$

$$q_{\text{sfk}} = \frac{x_{k+1} - x_k}{y_{k+1} - y_k} \quad (4)$$

7.3 *Определение характеристик основной погрешности при комплектной поверке*

7.3.1 Абсолютное значение неисключенной систематической погрешности (НСП) ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке:

1) НСП ИК подсистем измерения давления и температуры воздуха (газа) и жидкостей, угловых перемещений

Доверительные границы НСП при  $P=0,95$  определяются:

$$\Delta_{оск} = 1.1 \sqrt{\tilde{\Delta}_{оск}^2 + \Delta_{рз}^2}, \quad (5)$$

где:  $\tilde{\Delta}_{оск}$  - НСП, обусловленная погрешностью аппроксимации при задании индивидуальной функции преобразования в виде степенного полинома (1):

$$\tilde{\Delta}_{оск} = \left| (a_0 + a_1 y_k + \dots + a_n y_k^n) - x_k \right| \quad (6)$$

При задании индивидуальной функции преобразования в виде кусочно-линейной зависимости (2)

$$\hat{\Delta}_{оск} = 0; \quad (7)$$

$\Delta_{рз}$  - погрешность рабочего эталона.

7.3.2 Абсолютное значение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей абсолютной погрешности ИК подсистем измерения давления и температуры воздуха (газа) и жидкостей, угловых перемещений на каждой  $k$ -той контрольной точке:

$$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]} = \sqrt{\frac{\sum_n \sum_i (x'_{ikn} - x'_k)^2 + \sum_n \sum_i (x''_{ikn} - x''_k)^2}{2ml - 1}} \quad (8)$$

где:  $x'_{икк}, x''_{икк}$  - приведенные по входу значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно;  $x'_k, x''_k$  - приведенные по входу средние значения результатов наблюдения на  $k$ -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно.

$$x''_k = \frac{1}{ml} \sum_n \sum_i x''_{икн} \quad (9)$$

$$x'_k = \frac{1}{ml} \sum_n \sum_i x'_{икн} \quad (10)$$

7.3.3. Определение случайной составляющей абсолютной погрешности ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке:

1) ИК подсистем измерения давления

$$\tilde{\Delta}_{ок} = \tau \cdot \sqrt{\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}^2 + \frac{\tilde{H}_{ок}^2}{12}}, \quad (11)$$

где:  $\tau$  - коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности ( $P$ ) и числа степеней свободы  $2ml - 1$ . Таблица значений  $\tau$  при  $P = 0,95$  приведена в приложении Б;

$\tilde{H}_{ок}$  - абсолютное значение вариации,

$$\tilde{H}_{ок} = |x'_k - x''_k| \quad (12)$$

7.3.4 Абсолютная основная погрешность ИК подсистем измерения давления и температуры воздуха (газа) и жидкостей, угловых перемещений на каждой k-той контрольной точке

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= K \cdot (\tilde{\Delta}_{осл} + \tilde{\Delta}_{ок}) && \text{при } 8 > (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) > 0.8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{осл} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0.8, \end{aligned} \quad (13)$$

Здесь коэффициент K определяется в зависимости от отношения  $\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}$  в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

$\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}$	0.75	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
K	0.77	0.74	0.71	0.73	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81

7.3.5 Абсолютная основная погрешность ИК подсистем измерения давления и температуры воздуха (газа) и жидкостей, угловых перемещений определится

$$\tilde{\Delta}_o = \max(\tilde{\Delta}_{окабс}) \quad (14)$$

7.3.6 Абсолютная основная погрешность ИК подсистем измерения частоты вращения роторов, частоты электрических сигналов, напряжения постоянного тока, сопротивления постоянному току, интервалов времени определяется на каждой k-той контрольной точке следующим образом:

- для каждого из полученных 80 значений результатов наблюдений вычисляется отклонение результата наблюдения от эталонного значения;
- строится вариационный ряд для 80 полученных отклонений;
- отбрасываются два крайних (по одному с каждой стороны) члена вариационного ряда;

за оценку абсолютной погрешности ИК принимается максимальное по модулю значение отклонения вариационного ряда с отброшенными крайними членами.

7.3.7 Абсолютная основная погрешность ИК подсистемы измерения интервалов времени определяется в виде

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{n} \cdot \tilde{\Delta}_{o50}, \quad (15)$$

где: n – целое число, полученное от округления в большую сторону отношения заданного измеряемого интервала времени к контрольному значению равному 50 с;

$\tilde{\Delta}_{o50}$  - оценка абсолютной основной погрешности подсистемы измерения интервалов времени на интервале 50 с.

7.4 *Определение характеристик основной погрешности при поэлементной поверке*

7.4.1 *Абсолютная основная погрешность ИК подсистем измерения давления воздуха (газа) и жидкостей*

$$\tilde{\Delta}_o = 1.1\sqrt{\Delta_{ПП}^2 + \Delta_{МИ1}^2 + \Delta_{РЭ}^2} \quad (16)$$

где:  $\Delta_{ПП}$  – погрешность первичного преобразователя давления, полученная при его автономной поверке;

$\Delta_{МИ1}$  – абсолютная основная погрешность измерительного канала, включающего измерительный модуль МИ-1 и ПК, (определяется в соответствии с разделом 7.3.6);

$\Delta_{РЭ}$  – погрешность рабочего эталона (П320).

7.4.2 *Абсолютная основная погрешность ИК подсистем измерения температуры воздуха (газа) и жидкостей:*

1) ИК подсистемы измерения температуры термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ

$$\tilde{\Delta}_o = 1.1\sqrt{\Delta_{ТСП}^2 + \Delta_{МИ1}^2 + \Delta_{РЭ}^2} \quad (17)$$

$\Delta_{ТСП}$  – НСП термопреобразователя сопротивления. Определяется по ГОСТ 6651-94 в зависимости от его типа и класса (А, В, С);

$\Delta_{МИ1}$  – погрешность измерительного канала, включающего измерительный модуль МИ-1 и ПК (определяется в соответствии с разделом 7.3.6);

$\Delta_{РЭ}$  - погрешность рабочего эталона (Р4831).

2) ИК подсистемы измерения температуры термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК

$$\tilde{\Delta}_o = 1.1\sqrt{\Delta_{ТП}^2 + \Delta_{ХС}^2 + \Delta_{МИ2}^2 + \Delta_{РЭ}^2}, \quad (18)$$

$\Delta_{ТП}$  – НСП термопары. Определяется по ГОСТ Р 8.585-2001 в зависимости от типа и класса (1, 2, 3);

$\Delta_{ХС}$  - абсолютная основная погрешность ИК температуры холодных спаев (определяется по формуле 17);

$\Delta_{МИ2}$  – погрешность измерительного канала, включающего измерительный модуль МИ-2 и ПК (определяется в соответствии с разделом 7.3.6);

$\Delta_{РЭ}$  - погрешность рабочего эталона (КИСС-03).

7.4.3 *Абсолютная основная погрешность ИК подсистемы измерения расхода топлива*

$$\tilde{\Delta}_o = 1.1\sqrt{\Delta_{ПР}^2 + \Delta_f^2 + \Delta_p^2 + \Delta_{РЭ}^2}, \quad (19)$$

$\Delta_{ПР}$  – абсолютная погрешность преобразователей расхода ТПР, ТДР (берется из протоколов поверки преобразователей расхода на эталонной установке);

$\Delta_f$  - абсолютная основная погрешность ИК частоты электрических сигналов преобразователей расхода (определяется в соответствии с разделом 7.3.6);

$\Delta_\rho$  - абсолютная погрешность измерения плотности топлива:

$$\Delta_\rho = ((\Delta'_\rho)^2 + (\gamma \cdot \Delta_t / \rho)^2)^{0.5} \quad (20)$$

где:  $\Delta'_\rho$  - погрешность измерения плотности топлива ареометром;

$\gamma$  - температурный коэффициент плотности топлива;

$\rho$  - номинальная плотность топлива при 20 °С;

$\Delta_t$  - абсолютная погрешность измерения температуры топлива с помощью термопреобразователя сопротивления. Определяется по формуле (17);

$\Delta_{pЭ}$  - погрешность рабочего эталона частоты электрических сигналов (ГЗ-110).

7.4.4 *Абсолютная основная погрешность ИК подсистемы измерения параметров вибрации*

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ВП}^2 + \Delta_{МИ1}^2 + \Delta_{pЭ}^2}, \quad (21)$$

где:  $\Delta_{ВП}$  - погрешность аппаратуры измерения роторных вибраций (определяется по методике поверки ЖЯИУ. 421431.003 МП);

$\Delta_{МИ1}$  - абсолютная основная погрешность измерительного канала, включающего измерительный модуль МИ-1 и ПК, (определяется в соответствии с разделом 7.3.6);

$\Delta_{pЭ}$  - погрешность рабочего эталона (ПЗ20).

7.5 *Приведенная погрешность ИК:*

$$\text{- к верхнему пределу измерений (ВП)} \quad \tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{ВП} \cdot 100\% \quad ; \quad (22)$$

$$\text{- к нормированному значению (НЗ)} \quad \tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{НЗ} \cdot 100\% \quad . \quad (23)$$

$$\text{- к } 0,5ВП \text{ ( в диапазоне от } 0 \text{ до } 0,5 \text{ ВП)} \quad \tilde{\gamma}_o^* = \frac{\tilde{\Delta}_o}{0,5ВП} \cdot 100\% \quad (24)$$

7.6 *Относительная погрешность ИК*

$$\tilde{\delta}_o = \max\left(\frac{\tilde{\Delta}_{окабс}}{x_k}\right) \cdot 100\% \quad (25)$$

7.7 *Определение характеристик суммарной погрешности ИК в реальных условиях эксплуатации.*

### 7.7.1 Абсолютная погрешность ИК

$$\tilde{\Delta} = \max(\tilde{\Delta}_k), \quad \tilde{\Delta}_k = \sqrt{\tilde{\Delta}_{ок}^2 + \tilde{\Delta}_{допк}^2} \quad (26)$$

$$\tilde{\Delta}_{допк} = 1,1 \sqrt{\sum_{j=1}^N \tilde{\Delta}_{j допк}^2}, \quad (27)$$

где:  $\tilde{\Delta}$  - абсолютная суммарная погрешность ИК;

$\tilde{\Delta}_k$  - суммарная погрешность ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке;

$\tilde{\Delta}_{допк}$  - дополнительная погрешность ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке;

$\tilde{\Delta}_{j допк}$  -  $j$ -тая составляющая дополнительной погрешности ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке;

$N$  - количество составляющих дополнительной погрешности ИК.

### 7.7.2 Относительная погрешность ИК

$$\tilde{\delta} = \max\left(\frac{\tilde{\Delta}_k}{x_k}\right) \cdot 100\% \quad (28)$$

### 7.7.3 Приведенная погрешность ИК:

- к верхнему пределу измерений (ВП)  $\tilde{\gamma} = \frac{\tilde{\Delta}}{ВП} \cdot 100\% \quad ; \quad (29)$

- к нормированному значению (НЗ)  $\tilde{\gamma} = \frac{\tilde{\Delta}}{НЗ} \cdot 100\% \quad (30)$

- к 0,5ВП ( в диапазоне от 0 до 0,5 ВП)  $\tilde{\gamma}^* = \frac{\tilde{\Delta}}{0,5ВП} \cdot 100\% \quad (31).$

Значения погрешностей  $\tilde{\Delta}_{j допк}$ , берутся из паспортов на средства измерений, входящие в ИК.

При необходимости значения  $\tilde{\Delta}_{j допк}$  могут быть определены экспериментально проведением градуировок ИК по методике раздела 6 в реальных условиях эксплуатации.

При этом обработка результатов наблюдений проводится в следующем виде:

- определяют абсолютную функцию влияния  $\Psi_{jks}(\xi_j)$   $j$ -той влияющей величины на систематическую составляющую погрешности ИК ИС на  $k$ -той контрольной точке

$$\Psi_{jks}(\xi_j) = A_{jks} \cdot \Delta \xi_j \quad (32)$$

$$A_{jks} = \frac{f[y_k(\xi_{jnp})] - f[y_k(\xi_{jref})]}{\xi_{jnp} - \xi_{jref}} \quad (33)$$

$$\Delta \xi_j = \xi_j - \xi_{jref}; \quad (34)$$

$f(y)$  – индивидуальная функция преобразования ИК ИС;

$y_k(\xi_{jnp})$  – среднее значение результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при воздействии на ИС предельного значения  $j$ -той влияющей величины;

$y_k(\xi_{jref})$  – среднее значение результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при воздействии на ИС нормального значения  $j$ -той влияющей величины;

$\xi_{jnp}$  – предельное значение  $j$ -той влияющей величины при определении функции влияния

$\xi_{jref}$  – нормальное значение  $j$ -той влияющей величины;

$\xi_j$  – текущее значение  $j$ -той влияющей величины;

-определяют СКО абсолютной функции влияния  $\Psi_{jk\sigma}(\xi_j)$   $j$ -той влияющей величины на случайную составляющую погрешности ИК ИС на  $k$ -той контрольной точке.

Значения функции влияния  $\Psi_{jk\sigma}(\xi_j)$  определяются совместным решением уравнений

$$\{\Psi_{jk\sigma}(\xi_j) + \tilde{\sigma}_{|\Delta_{ок}\xi_j|}\}^2 = |\tilde{\sigma}_{|\Delta_{ок}\xi_j|}|^2 \quad (35)$$

$$\tilde{\sigma}_{|\Delta_{ок}\xi_j|} = \sqrt{\frac{\sum_n \sum_i [f[y'_{ikn}(\xi_{jnp})] - f[y'_k(\xi_{jnp})]]^2 + \sum_n \sum_i [f[y''_{ikn}(\xi_{jnp})] - f[y''_k(\xi_{jnp})]]^2}{2ml - 1}} \quad (36)$$

где:  $\tilde{\sigma}_{|\Delta_{ок}\xi_j|}$  - СКО ИК при действии предельного значения влияющей величины  $\xi_{jnp}$ ;

$y'_{ikn}(\xi_{jnp})$ ,  $y''_{ikn}(\xi_{jnp})$  –  $i$ -тые значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при воздействии на ИС предельного значения  $j$ -той влияющей величины при прямом и обратном ходе градуировки соответственно;

$y'_k(\xi_{jnp})$ ,  $y''_k(\xi_{jnp})$  – средние значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при воздействии на ИС предельного значения  $j$ -той влияющей величины при прямом и обратном ходе градуировок соответственно;

- определяют абсолютную функцию влияния  $\Psi_{jk\sigma}(\xi_j)$   $j$ -той влияющей величины на случайную составляющую погрешности ИК на  $k$ -той контрольной точке

$$\Psi_{jke}(\xi_j) = \tau \cdot \Psi_{jk\sigma}(\xi_j) \quad (37)$$

- определяют абсолютное значение дополнительной погрешности  $j$ -той влияющей величины на  $k$ -той контрольной точке

$$\tilde{\Delta}_{jk_{дон}} = K \cdot (\Psi_{jks}(\xi_j) + \Psi_{jke}(\xi_j)) \quad \text{при } \delta > (\Psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \Psi_{jke}(\xi_j)) > 0.8,$$

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{jk_{\text{дон}}} &= \psi_{jks}(\xi_j) && \text{при } (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jke}(\xi_j)) \geq 8, \\ \tilde{\Delta}_{jk_{\text{дон}}} &= \psi_{jke}(\xi_j) && \text{при } (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jke}(\xi_j)) \leq 0,8. \end{aligned} \quad (38)$$

Здесь коэффициент  $K$  определяется в зависимости от отношения  $\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jke}(\xi_j)$  в соответствии с таблицей 4;

- определяют абсолютное значение дополнительной погрешности  $j$ -той влияющей величины ИК ИС

$$\tilde{\Delta}_{j_{\text{дон}}} = \max(\tilde{\Delta}_{jk_{\text{дон}}}) \quad (39)$$

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты первичной и периодической поверки СИ – ТВ7-117СТ заносятся в Протокол поверки (приложение В).

8.2 При положительных результатах поверки метрологической службой организации, аккредитованной на право проведения поверочных работ, оформляется свидетельство о поверке в соответствии с требованиями ПР50.2.006-94.

8.3 Измерительная система СИ – ТВ7-117СТ считается прошедшей поверку с положительными результатами при выполнении следующих требований:

- ИС функционирует нормально, неисправности и дефекты, препятствующие выполнению операций поверки и последующей эксплуатации, отсутствуют;

- основные технические характеристики ИС соответствуют техническому заданию, РЭ и другим нормативным документам;

- метрологические характеристики соответствуют требованиям ОСТ 1 01021-93 и методике поверки 061.014.06 МП;

- диапазоны измерения соответствуют описанию на ИС и методике поверки 061.014.06 МП.

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ



С.Н. Чурилов

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ



А.А. Горбачев



$$\tilde{\Delta}_{jk_{\text{дон}}} = \psi_{jks}(\xi_j) \quad \text{при} \quad (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)) \geq 8, \quad (38)$$

$$\tilde{\Delta}_{jk_{\text{дон}}} = \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j) \quad \text{при} \quad (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)) \leq 0,8.$$

Здесь коэффициент  $K$  определяется в зависимости от отношения  $\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)$  в соответствии с таблицей 4;

- определяют абсолютное значение дополнительной погрешности  $j$ -той влияющей величины ИК ИС

$$\tilde{\Delta}_{j_{\text{дон}}} = \max(\tilde{\Delta}_{jk_{\text{дон}}}) \quad (39)$$

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты первичной и периодической поверки СИ – ТВ7-117СТ заносятся в Протокол поверки (приложение В).

8.2 При положительных результатах поверки метрологической службой организации, аккредитованной на право проведения поверочных работ, оформляется свидетельство о поверке в соответствии с требованиями ПР50.2.006-94.

8.3 Измерительная система СИ – ТВ7-117СТ считается прошедшей поверку с положительными результатами при выполнении следующих требований:

- ИС функционирует нормально, неисправности и дефекты, препятствующие выполнению операций поверки и последующей эксплуатации, отсутствуют;

- основные технические характеристики ИС соответствуют техническому заданию, РЭ и другим нормативным документам;

- метрологические характеристики соответствуют требованиям ОСТ 1 01021-93 и методике поверки 061.014.06 МП;

- диапазоны измерения соответствуют описанию на ИС и методике поверки 061.014.06 МП.

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ



С.Н. Чурилов

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ



А.А. Горбачев

### Основные технические и метрологические характеристики измерительной системы СИ-ТВ7-117

*Подсистема измерения частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений,	Пределы допускаемой погрешности
Частота вращения ротора компрессора	от 453,8 до 4992,4 Гц (от 10 до 110 %)	$\pm 0,15$ % от ВП (ВП – верхний предел измерений. ВП=4992,4 Гц)
Частота вращения ротора свободной турбины	от 320 до 3530 Гц (от 10 до 110 %)	$\pm 0,15$ % от ВП ВП=3530 Гц
Частоты электрических сигналов (количество ИК – 3)	от 0 до 500 Гц	$\pm 0,05$ % от ВП ВП=500 Гц

*Подсистема измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры*

*Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура атмосферного воздуха	от 213 до 333 К	$\pm 0,5$ % от ИЗ (ИЗ -измеренное значение)
Температура воздуха на входе в двигатель (перед воздушным винтом) (количество ИК – 2)	от 213 до 333 К	$\pm 0,5$ % от ИЗ
Температура рабочих жидкостей (топлива, масла) (количество ИК – 9)	от минус 60 до 200 °С	$\pm 1,5$ % от НЗ (НЗ- нормированное значение)

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура холодного спая (количество ИК – 2)	от 273 до 323 К	$\pm 0,5$ % от ИЗ
Температура воздуха (газа) по тракту ТВД (количество ИК – 6)	от 573 до 1473 К	$\pm 1$ % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК (количество ИК – 37)	от минус 50 до 50 мВ	$\pm 0,2$ % от ВП
Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ТСМ, ТСП (количество ИК -7)	от 39,24 до 92,79 Ом от 8,65 до 88,52 Ом от 78,48 до 185,58 Ом (от минус 200 до 200 °С)	$\pm 0,3$ °С

*Подсистема измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Давление атмосферного воздуха	от 710 до 790 мм рт.ст	$\pm 0,5$ мм рт.ст
Абсолютное давление воздуха на входе в двигатель (перед воздушным винтом)	от 710 до 790 мм рт.ст	$\pm 0,5$ мм рт.ст
Избыточное давление воздуха на входе в стартер	от 0 до 4 кгс/см <sup>2</sup>	$\pm 0,5$ % от ВП
Избыточное давление масла на входе в двигатель	от 0 до 6 кгс/см <sup>2</sup>	$\pm 1$ % от НЗ НЗ=6 кгс/см <sup>2</sup>
Избыточное давление топлива на входе в двигатель	от 0,2 до 1,6 кгс/см <sup>2</sup>	$\pm 1$ % от НЗ НЗ=1,4 кгс/см <sup>2</sup>
Избыточное давление топлива в коллекторе 1-й и 2-й группы форсунок (количество ИК – 2)	от 0 до 60 кгс/см <sup>2</sup>	$\pm 1$ % от НЗ НЗ=60 кгс/см <sup>2</sup>

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Избыточное давление воздуха за компрессором (количество ИК – 2)	от 0 до 19 кгс/см <sup>2</sup>	± 0,5 % от ВП
Избыточное давление воздуха в магистрали отбора на СКВ самолета за отсечной заслонкой	от 0 до 1,0 кгс/см <sup>2</sup>	± 0,5 % от ВП
Избыточное давление воздуха в магистрали отбора на ПОС	от 0 до 5,5 кгс/см <sup>2</sup>	± 0,5 % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значению давления (количество ИК – 39)	от минус 1 до 1 В от минус 10 до 10 В	± 0,05 % от ВП

*Подсистема измерения давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Избыточное давление жидкости, соответствующее значениям крутящего момента силы (количество ИК – 2)	от 0 до 100 кгс/см <sup>2</sup>	± 0,3 % от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП; ± 0,3 % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП

*Подсистема измерения расхода топлива*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Массовый расход топлива (количество ИК – 4)	от 0 до 800 кг/ч	± 0,5 % от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП; ± 0,5 % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП

*Подсистема измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметрам вибрации*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Виброскорость в плоскости передней подвески (количество ИК – 3)	от 0 до 100 мм/с	$\pm 10\%$ от ВП
Виброскорость в плоскости задней подвески (количество ИК – 2)	от 0 до 100 мм/с	$\pm 10\%$ от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее параметрам вибрации (количество ИК – 4)	от минус 10 до 10 В	$\pm 0,05\%$ от ВП

*Подсистема измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Угол положения РУД	от минус 30 до 80 °	$\pm 1^\circ$
Напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения	от минус 10 до 10 В	$\pm 0,05\%$ от ВП

*Подсистема измерения интервалов времени*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Интервалы времени (количество ИК – 4)	от 0 до 120 с	$\pm 0,1$ с

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

Число степеней свободы $2m-1$	Доверительная вероятность $P=0,95$	Число степеней свободы $2n-1$	Доверительная вероятность $P=0,95$
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	-	

**Протокол №**

определения погрешностей и диапазонов измерений ИК подсистемы измерения  
 .....измерительной системы СИ-ТВ7-117 стенда № .... для испытаний  
 турбовинтового двигателя ФГУП «Завод им. В.Я. Климова»

1 Вид поверки.....

2 Средства поверки

.....  
 .....

3 Условия поверки

-Температура окружающего воздуха, °С

-в боксе.....

-в пультовой.....

-Атмосферное давление, мм рт.ст. ....

-Влажность, %.....

4 Результаты экспериментальных исследований

4.1.Внешний осмотр

.....  
 .....

4.2.Результаты опробования

.....  
 .....

4.3.Результаты метрологических исследований

Рабочие материалы, содержащие данные по градуировкам ИК и их обработке  
 представлены в рабочей папке №.....

Результаты метрологических исследований системы измерительной СИ-ТВ7-117  
 представлены в Таблице.

Условия исследования:

-число ступеней нагружения  $p = \dots\dots\dots$

-число циклов нагружения  $l = \dots\dots\dots$

-число опросов на точке  $m = \dots\dots\dots$

Расчет суммарной погрешности проводится по формулам методики поверки  
 061.014.06МП.

Таблица

№ пп	Наименование ИК подсистемы	Диапазон измерения	Тип датчика	Тип вторичной аппаратуры	Наибольшее значение основной погрешности	Наибольшее значение суммарной погрешности в реальных условиях эксплуатации	Пределы допускаемой погрешности ИК

6. Выводы.....

.....

7. Заключение.....

Поверитель

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(ф.и.о.)



$$\tilde{\Delta}_{jk_{\text{ооn}}} = \psi_{jks}(\xi_j) \quad \text{при} \quad (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jke}(\xi_j)) \geq 8, \quad (38)$$

$$\tilde{\Delta}_{jk_{\text{ооn}}} = \psi_{jke}(\xi_j) \quad \text{при} \quad (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jke}(\xi_j)) \leq 0,8$$

Здесь коэффициент К определяется в зависимости от отношения  $\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jke}(\xi_j)$  в соответствии с таблицей 4;

- определяют абсолютное значение дополнительной погрешности j-той влияющей величины ИК ИС

$$\tilde{\Delta}_{j_{\text{ооn}}} = \max(\tilde{\Delta}_{jk_{\text{ооn}}}) \quad (39)$$

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты первичной и периодической поверки СИ – ТВ7-117СТ заносятся в Протокол поверки (приложение В).

8.2 При положительных результатах поверки метрологической службой организации, аккредитованной на право проведения поверочных работ, оформляется свидетельство о поверке в соответствии с требованиями ПР50.2.006-94.

8.3 Измерительная система СИ – ТВ7-117СТ считается прошедшей поверку с положительными результатами при выполнении следующих требований:

- ИС функционирует нормально, неисправности и дефекты, препятствующие выполнению операций поверки и последующей эксплуатации, отсутствуют;

- основные технические характеристики ИС соответствуют техническому заданию, РЭ и другим нормативным документам;

- метрологические характеристики соответствуют требованиям ОСТ 1 01021-93 и методике поверки 061.014.06 МП;

- диапазоны измерения соответствуют описанию на ИС и методике поверки 061.014.06 МП.

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ



С.Н. Чурилов

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИИ МО РФ



А.А. Горбачев