

1459

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог ОАО «Климов»

В.М.Иванов
« 04 » 11 2007

УТВЕРЖДАЮ

НАЧАЛЬНИК ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ

А.Ю.Кузин
« 07 » 11 2007 г



Инструкция

СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИ-КСА

Методика поверки

061.063.2007 МП

2007 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1 Операции поверки	6
2 Средства поверки	7
3 Требования безопасности	8
4 Условия поверки	9
5 Подготовка к поверке	10
6 Проведение поверки	11
6.1 Внешний осмотр	11
6.2 Загрузка компьютерной программы	11
6.3 Опробование функционирования ИК	11
6.4 Порядок проведения поверки	11
6.4.1 Установление способов поверки	11
6.4.2 Установление параметров поверки	12
6.4.3 Поверка подсистемы измерения давления и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления	13
6.4.4 Поверка подсистемы измерения температуры с помощью термопреобразователей сопротивления	14
6.4.5 Поверка подсистемы измерения температуры с помощью термоэлектрических преобразователей	15
6.4.6 Поверка подсистемы измерения частоты вращения роторов	15
6.4.7 Поверка подсистемы измерения расхода жидкости и топлива	16
6.4.8 Поверка подсистемы измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации	17
6.4.9 Поверка подсистемы измерения электрических параметров	17
6.5 Определение характеристик чувствительности к влияющим величинам	19
7 Обработка результатов поверки	20
8 Оформление результатов поверки	28
Приложение А Библиография	29

Приложение Б Перечень параметров, подлежащих поверке, диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей измерений измерительной системы СИ - КСА	30
Приложение В Значения коэффициента Стьюдента-Фишера в зависимости от числа степеней свободы при доверительной вероятности $P=0,95$	35
Приложение Г Протокол № определения погрешностей и диапазонов измерений измерительной системы СИ - КСА стенда № ИС-42 для испытаний коробки самолетных агрегатов предприятия ОАО «Климов» (Форма)	36

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодической поверок ИК измерительной системы СИ-КСА ОАО «Климов», предназначенной для испытаний коробки самолетных агрегатов КСА-33 и ее модификаций на стенде №.ИС-42 цеха 10.

Перечень параметров измерительной системы СИ-КСА (далее по тексту ИС), подлежащих поверке, диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей измерений этих параметров приведены в приложении Б.

МП разработана в соответствии с требованиями, ГОСТ 8.009-84 (1), ГОСТ 8.207-76 (2), ПР 50.2.006-94 (3), МИ 2083-90 (4), РМГ 51-2002(5), ОСТ 1 00487-83 (6), 51.618.008ТЗЗ (7).

ИС представляется на поверку со следующим комплектом технической документации: Руководством по эксплуатации, Формуляром, Методикой поверки.

ИС включает в себя подсистемы для измерений следующих параметров КСА:

- электрических параметров;
- давления и значений постоянного тока, соответствующих значениям давления;
- частоты вращения роторов;
- температуры с помощью термоэлектрических преобразователей;
- температуры с помощью термопреобразователей сопротивления;
- расхода жидкости и топлива;
- параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации.

При поверке измерительных каналов (ИК) ИС используются следующие способы определения метрологических характеристик (МХ):

- *комплектная поверка ИК - прямые измерения*, когда сквозной градуировке подвергается весь ИК и по результатам градуировки определяются МХ ИК как единого целого;
- *поэлементная поверка ИК - прямые измерения*, когда поверке (прямые измерения) подвергаются отдельные части ИК и по результатам определяются МХ ИК в целом. Для этого способа допускается использовать результаты автономной поверки отдельных частей ИК, стандартизованные МХ и (или) паспортные данные на средства измерений.

При проведении поверок измерительных каналов (ИК) СИ - КСА используются два способа экспериментальных исследований:

- *комплектный*, при котором проводится сквозная поверка ИК в целом и по ее результатам определяется погрешность ИК;
- *поэлементный*, демонтированные первичные преобразователи (датчики) – поверяются в лабораторных условиях; вторичную часть, включая линии связи, на месте установки ИС при одновременном контроле всех влияющих факторов..

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 ИК подсистем измерений ИС СИ-КСА - 1 раз в год.

Принятые в документе сокращенные обозначения:

КСА – коробка самолетных агрегатов;

МП - методика поверки;

ТД - техническая документация;

ИК - измерительный канал;

АЦП –аналого-цифровой преобразователь;

ПП - первичный преобразователь;

ИРП – измерительно-регистрирующий прибор;

УСО – устройство согласования с объектом;

БУТС – блок управления турбостартером;

УСИФУС- устройство сбора информации и формирования управляющих сигналов;

ПК - персональный компьютер;

МХ – метрологические характеристики;

ИС - измерительная система;

РЭ - рабочий эталон;

ТПР, ТДР - турбинный преобразователь расхода жидкости;

АИИС – автоматизированная информационно-измерительная система;

ТЭДС - термо -ЭДС;

НСХП – номинальная статическая характеристика преобразования;

НСП – неисключенная систематическая погрешность;

ВП – верхний предел измерений;

НЗ – нормированное значение.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении первичной и периодической поверок СИ - КСА 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 Проведение поверки ИК	6.4	да	да
5 Определение индивидуальной функции преобразования	7.2	да	да
6 Определение основной погрешности ИК	7.3, 7.4,	да	да
7 Определение суммарной погрешности ИК в реальных условиях эксплуатации	7.5	да	да
8 Определение характеристик чувствительности к влияющим величинам	6.5	да	нет

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

№ пунк- тов МП	Наименование эталонных и вспомо- гательных СИ, обозначение стандарта, ТУ, чертежа	Диапазон воспро- изведения	Погрешность или класс точности
6.4.3	Портативный калибратор давления Метран-501-ПКД-Р Калибратор многофункциональный Метран-510-ПКМ	от минус 0,063 кПа до 60 МПа от 0 до 20 мА	0,05% от ВП $\pm(0,015 \% \text{ от ИЗ,}$ $+0,005 \% \text{ от ВП})$
6.4.4	Магазин сопротивления Р4831	от 0,002 до 111111,10 Ом	КТ 0,02/2·10 ⁻⁶
	Калибратор температуры FLUKE серия 500, модель 518	от минус 30 до 670 °С	$\pm 0,25^{\circ}\text{C}$
6.4.5	Калибратор многофункциональный TRX-IIR	от минус 10 до 100 мВ	$+(0,01 \% \text{ от ИЗ,}$ $+0,005 \% \text{ от ВП})$
	Калибратор температуры FLUKE серия 500, модель 518	от минус 30 до 670 °С	$\pm 0,25^{\circ}\text{C}$
6.4.6, 6.4.7	Генератор сигналов низкочастот- ный прецизионный ГЗ-110	0,01 Гц...2 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-5} \%$
6.4.8	Преобразователь электрический 8305	Частотный диапа- зон от 0,1 до 4500 Гц, чувстви- тельность 0,125 пКл/м.с ² .	$\pm 3 \% \text{ от ВП}$
	Калибратор многофункциональный TRX-IIR	от 0 до 12 В	$\pm(0,01 \% \text{ от ИЗ,}$ $+0,005 \% \text{ от ВП})$
6.4.9	Калибратор многофункциональный TRX-IIR	от 6 до 60 В	$\pm(0,05 \% \text{ от ИЗ,}$ $+0,05 \% \text{ от ВП})$
	Генератор сигналов низкочастот- ный прецизионный ГЗ-110	0,01 Гц...2 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-5} \%$
	Мультиметр Agilent 34401A	от 100 мВ до 750 В	$\pm(1,0 \% \text{ от ИЗ} +$ $0,03 \% \text{ от ВП})$
6.4	Барометр рабочий сетевой БРС-1	от 550 до 800 мм рт. ст.	$\pm 0,25 \text{ мм рт. ст.}$

2.2 При проведении поверки допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности и диапазонам измерений 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 СИ - КСА необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), ГОСТ В 20.57.310-98, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.2.091-94 и требования безопасности указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

- к работе по выполнению поверки 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, руководством по эксплуатации ВИКМ.468364.001РЭ (12) 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 СИ - КСА должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за эксплуатацию испытательного стенда.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

Условия окружающей среды в испытательном боксе:

- температура воздуха, °C (K).....от + 15 до +25 (288...298);
- относительная влажность воздуха , %..... не более 90;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....от 720 до 800 (от 96 до 106,7).

Условия окружающей среды в помещении пультовой:

- температура воздуха, °C(K).....от 15 до 30 (288...298);
- относительная влажность воздуха , %.....от 50 до 80;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....от 720 до 800 (от 96 до 106,7).

Питание электронных приборов и ПК:

- напряжение питающей сети, В 220 ± 22 ;
- частота питающей сети, Гц..... 50 ± 1 .

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

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке проводят следующие работы:

- включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
- включить питание измерительных преобразователей и аппаратур

СИ - КСА;

- 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;
- собрать схемы поверки ИК подсистем в соответствии с блок-схемами, приведенными в разделе 6, и проверить целостность электрических цепей;
- обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК подсистем;
- создать, проконтролировать и записать в протокол поверки условия окружающей среды.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре необходимо убедиться, что все измерительные средства, входящие в ИС, не имеют внешних повреждений, которые могут влиять на его работу, при этом должно быть обеспечено надежное крепление соединителей и разъемов и качественное заземление.

6.2 Загрузка компьютерной программы

Загрузка компьютерной программы и вызов панели управления «Поверка измерительных каналов», с помощью которой осуществляется ввод исходных данных, прием сигналов ИК и расчет метрологических характеристик, производится в соответствии с Руководством оператора ИЛ26-04 (13).

При загрузке компьютерной программы в ЭВМ устанавливаются текущие значения следующих параметров:

- температура окружающего воздуха;
- атмосферное давление;
- относительная влажность воздуха.

6.3 Опробование функционирования ИК

При опробовании функционирования ИК необходимо с помощью рабочих эталонов подать на вход ИК минимальное контрольное значение эталонного физического параметра или имитирующего сигнала, а также значения равного 1,0ВП и наблюдать результат измерения на экране монитора. Убедиться в правильности функционирования ИК. Правильность функционирования проверяется выполнением следующего критерия:

$$|x - x_k|_{\max} < \Delta,$$

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;

Δ - допускаемая абсолютная погрешность ИК.

6.4 Порядок проведения поверки

6.4.1 Установление способов поверки

Установлены следующие способы поверки ИК ИС СИ - КСА:

- ИК подсистемы измерения частоты вращения роторов; подсистемы измерения силы постоянного тока, соответствующей значениям давления; подсистемы измерения значений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации

- комплектная поверка - прямые измерения;

- ИК подсистемы измерения электрических параметров; подсистемы измерения давления; подсистемы измерения температуры с помощью термоэлектрических преобразователей; подсистемы измерения температуры с помощью термопреобразователей сопротивления

- комплектная поверка - прямые измерения и (или) поэлементная поверка - прямые измерения;

- ИК подсистемы измерения параметров вибрации; подсистемы измерения расхода жидкости и топлива - *поэлементная поверка - прямые измерения.*

6.4.2 Установление параметров поверки

6.4.2.1. *Комплектную поверку для прямых измерений* проводить в следующей последовательности

- Установить на входе ИК 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 1 раз. В результате в памяти компьютера запоминаются массивы значений выходной величины y'_{ikp} при прямом ходе и y''_{ikp} при обратном ходе,

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

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

Подход к выбору количества ступеней нагружения и количества наблюдений при проведении поверки измерительных каналов в изложен в методических указаниях МИ 187-86 (8), МИ 188-86 (9).

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

- при первичной поверке $p \geq 5; l \geq 5; m \geq 2$;
- при периодической поверке: $p \geq 5; l \geq 3; m \geq 2$

Принятые значения параметров p, l, m в дальнейшем могут быть скорректированы по результатам первичной и периодической поверок СИ-КСА.

- Определить результаты измерений и оценить погрешности по ГОСТ 8.207.

6.4.2.2. *Поэлементную поверку для прямых измерений* проводить в следующей последовательности

- Провести поверку ПП (комплекте с ИРП при его наличии) в соответствии с методикой, установленной в эксплуатационной документацией.

- Провести градуировку части ИК АИИС, включающей УСО и ПК по методике раздела 6.4.2.1.

- Определить результаты измерений и оценить погрешности по ГОСТ 8.009, ГОСТ 8.207, ОСТ 1 00487.

Примечания. 1. Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускается обратные ходы градуировки не проводить.

2. При поэлементной поверке для прямых измерений допускается определять результаты измерений и погрешность ИК с использованием стандартизованных МХ на ПП и УСО и (или) паспортных данных.

6.4.3 Поверка подсистемы измерения давления и значений постоянного тока, соответствующих значениям давления

6.4.3.1. Комплектная поверка ИК подсистемы измерения давления

Комплектную поверку ИК подсистемы измерения давления проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.1.

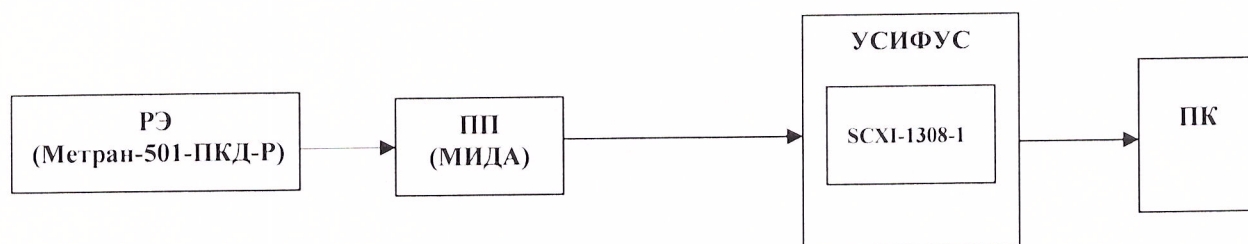


Рис.1

При проведении поверки необходимо отсоединить вход ПП от магистрали давления испытательного стенда и подсоединить его к РЭ давления. Установить частоту опроса ИК равной 10 Гц. Провести градуировку ИК давления в соответствии с методикой раздела 6.4.2.1, устанавливая в диапазоне измерений с помощью РЭ контрольные значения давления.

6.4.3.2. Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения давления

Поэлементную поверку ИК подсистемы измерения давления проводить по методике раздела 6.4.2.2 в следующей последовательности:

- провести автономную поверку ПП (датчики давления МИДА) в соответствии с эксплуатационной документацией;

- провести градуировку ИК давления (без ПП) в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.2. Для этого необходимо установить частоту опроса ИК 10 Гц.. Для этого необходимо отсоединить электрический кабель ПП от ИК и с помощью переходного кабеля подключить к РЭ. Установить частоту опроса ИК 10 Гц. Подать на вход ИК от РЭ эталонные значения постоянного тока в контрольных точках в диапазоне от 4 до 20мА с измерением выходной величины;

- определить функцию преобразования ИК подсистемы измерения давления и погрешность ИК в соответствии с разделом 7.

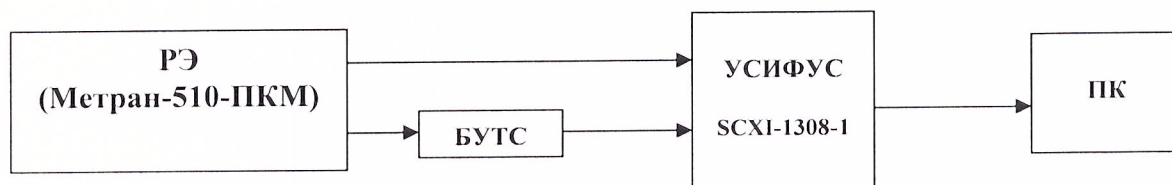


Рис.2

6.4.3.3 Комплектная поверка подсистемы измерения силы постоянного тока, соответствующей значениям давления

Комплектную поверку подсистемы измерения значений постоянного тока, соответствующих значениям давления проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.2.

6.4.4 Поверка ИК подсистемы измерения температуры с помощью термопреобразователей сопротивления

6.4.4.1 Комплектная поверка ИК подсистемы измерения температуры

Комплектную поверку ИК подсистемы измерения температуры проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.3. Для этого необходимо установить частоту опроса ИК 2 Гц. Задавать контрольные значения температуры с помощью РЭ Fluke в диапазоне измерений с определением выходной величины.

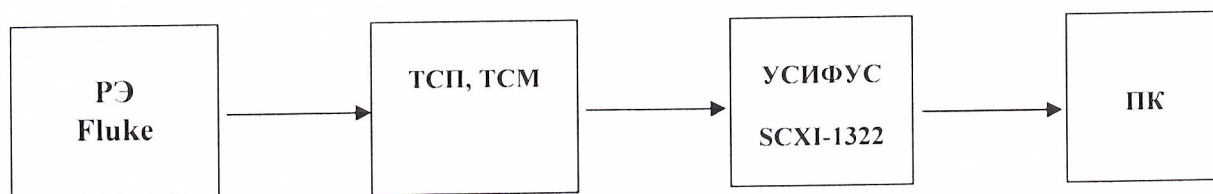


Рис.3

6.4.4.2. Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения температуры

Поэлементную поверку ИК подсистемы измерения температуры проводить по методике раздела 6.4.2.2 в следующей последовательности:

- провести автономную поверку термопреобразователей сопротивления (ТСП, ТСМ) по утвержденным методикам (допускается использование НСХП и НСП преобразователей по ГОСТ 6651-94(10);
- провести градуировку ИК сопротивления (без ПП) в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.4. Для этого необходимо отсоединить электрический кабель от термопреобразователя сопротивления, входящего в состав поверяемого ИК, и вместо термопреобразователя сопротивления подключить с помощью жгута-переходника к этому кабелю магазин сопротивления МСР-60М. Установить частоту опроса ИК 2 Гц. Задавать значения эталонного сопротивления в контрольных точках в соответствии с НСХП термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651-94 с измерением выходной величины;
- определить функцию преобразования ИК подсистемы измерения температуры и погрешность ИК с учетом НСХП и НСП ПП по ГОСТ 6651-94.

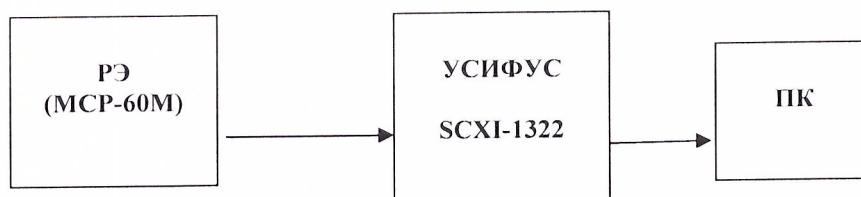


Рис.4

6.4.5 Поверка ИК подсистемы измерения температуры с помощью термоэлектрических преобразователей

6.4.5.1 Комплектная поверка ИК подсистемы измерения температуры

Комплектную поверку ИК подсистемы измерения температуры проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.5. Для этого необходимо установить частоту опроса ИК 2 Гц. Задавать контрольные значения температуры термоэлектрических преобразователей с помощью РЭ Fluke в диапазоне измерений с определением выходной величины.

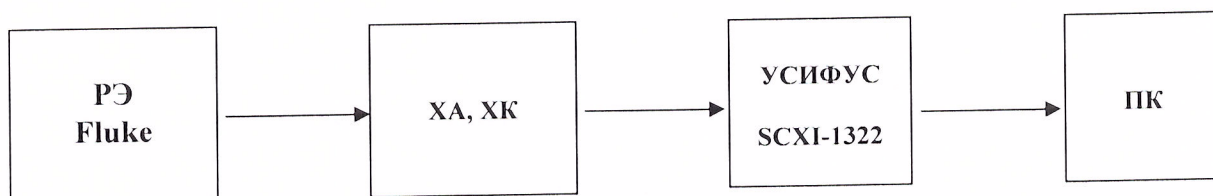


Рис.5

6.4.5.2. Поэлементная поверка ИК подсистемы измерения температуры

Поэлементную поверку ИК подсистемы измерения температуры проводить по методике раздела 6.4.2.2 в следующей последовательности:

- провести автономную поверку термоэлектрических преобразователей ХА, ХК по утвержденным методикам (допускается использование НСХП и НСП преобразователей ХА, ХК по ГОСТ Р 8.585-2001(11) ;

- провести градуировку ИК напряжения (без ПП) в соответствии с блок схемой, приведенной на рис. 6 по методике раздела 6.4.2.1. Для этого необходимо отсоединить провода термопары, входящей в состав поверяемого ИК, от клеммного блока и подключить вместо нее к клеммному блоку РЭ TRX-II-IS. Установить частоту опроса ИК равной 2 Гц. Задавать значения эталонного напряжения в контрольных точках в соответствии с полиномом или по таблицам ГОСТ Р 8.585-2001 для соответствующего типа термопар;

- определить функцию преобразования ИК и погрешность ИК с учетом НСХП и НСП термопар по ГОСТ Р 8.585-2001.

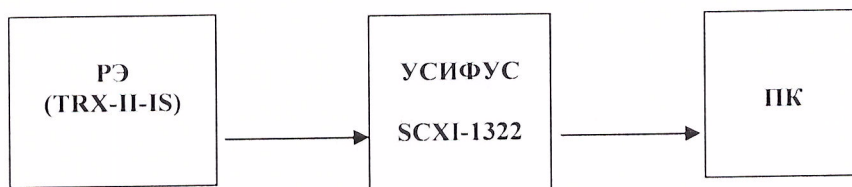


Рис.6

6.4.6 Поверка подсистемы измерения частоты вращения роторов

Комплектную поверку подсистемы измерения частоты вращения роторов проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.6.

Для этого необходимо:

- отсоединить электрический кабель поверяемого ИК от установленного на двигателе датчика частоты вращения и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭ (ГЗ-110);
- установить частоту опроса ИК 20Гц.
- от генератора ГЗ-110 подать на вход ИК эталонные значения частоты синусоидального напряжения с амплитудой 2В в диапазоне измеряемых частот;
- измерять значения выходной величины.

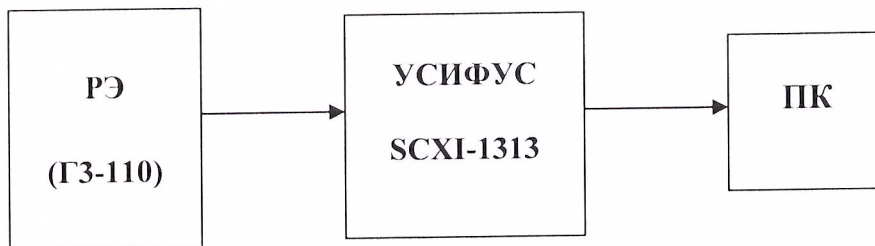


Рис.7

6.4.7 Поверка подсистемы измерения расхода жидкости и топлива

Поэлементную поверку ИК подсистемы измерения расхода жидкости и топлива проводить по методике раздела 6.4.2.2 в следующей последовательности:

- провести автономную поверку преобразователей расхода (ТПР, ТДР) по утвержденным методикам;
- провести градуировку ИК частоты электрического сигнала (без ПП) в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.8. Для этого необходимо отсоединить электрический кабель поверяемого ИК от ПП и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭ (ГЗ-110). Установить частоту опроса ИК 2 Гц. От генератора ГЗ-110 подать на вход ИК эталонные значения частоты синусоидального напряжения с амплитудой 2В в диапазоне измеряемых частот и измерять значения выходной величины;
- определить функцию преобразования ИК подсистемы измерения температуры и погрешность ИК в соответствии с МИ 2083.

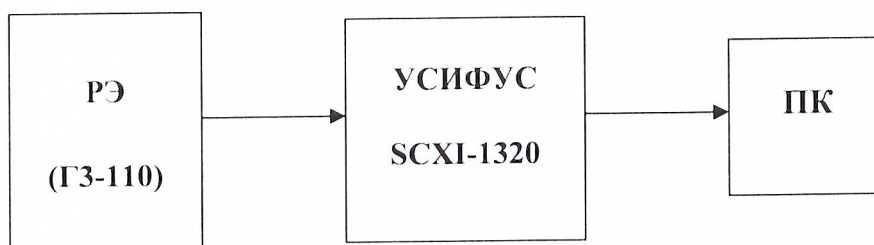


Рис.8

6.4.8 Поверка подсистемы измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации

Поэлементную поверку ИК подсистемы измерения параметров вибрации проводить по методике раздела 6.4.2.2 в следующей последовательности:

- провести автономную поверку аппаратуры измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М в комплекте с датчиками вибрации МВ-43, МВ-38, МВ-27, МВ-04 по методике ЖЯИУ. 421431.003 МП (14);

- провести градуировку ИК вибрации (без ПП и аппаратуры ИВ-Д-СФ-3М) в диапазоне значений напряжения постоянного тока от 0 до 5 В по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.9. Для этого необходимо отсоединить электрический кабель поверяемого ИК от выхода аппаратуры ИВ-Д-СФ-3М и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭ TRX-II-IS. Установить частоту опроса ИК – 2 Гц. Задавать контрольные значения напряжения постоянного тока с помощью РЭ в диапазоне измерений и измерять значения выходной величины.

- определить функцию преобразования ИК подсистемы измерения параметров вибрации и погрешность ИК в соответствии с МИ 2083.

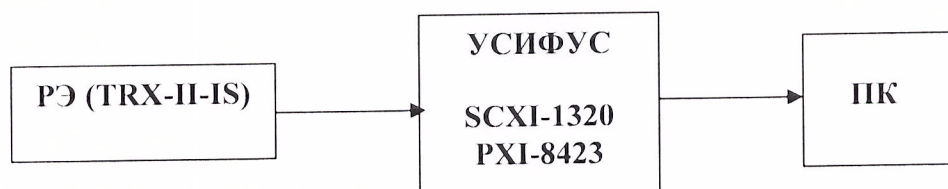


Рис.9

6.4.9 Поверка подсистемы измерения электрических параметров

Комплектную поверку подсистемы измерения электрического напряжения постоянного и переменного токов проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.10.

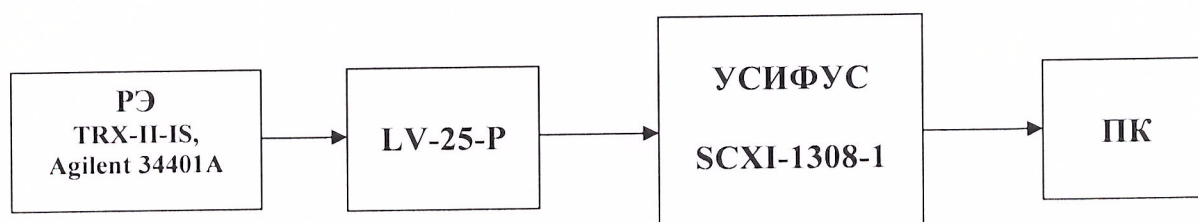


Рис.10

Поверку проводить в следующей последовательности.

Отсоединить вход первичного преобразователя LV-25 Р напряжения и тока от магистрали испытательного стенда и соединить его с рабочим эталоном. Установить частоту опроса ИК 10 Гц. Задавать контрольные значения напряжения с помощью РЭ в диапазоне измерений с определением выходной величины.

Комплектную поверку ИК частоты электрического напряжения переменного тока проводить по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.11.

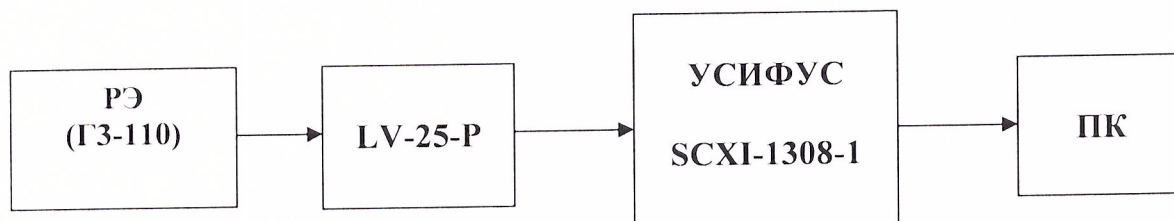


Рис.11

Поверку проводить в следующей последовательности.

Отсоединить вход первичного преобразователя LV-25 Р напряжения и тока от магистрали испытательного стенда и соединить его с рабочим эталоном. Установить частоту опроса ИК 2 Гц. Задавать контрольные значения частоты с помощью РЭ в диапазоне измерений с определением выходной величины.

Поэлементную поверку ИК постоянного и переменного токов проводить по методике раздела 6.4.2.2. в следующей последовательности:

- провести автономную поверку преобразователей тока ДИТ-500, ДИТ-750, ДТХ-100, CSNM -191, CSNR-151 по установленным методикам поверки;
- провести градуировку ИК токов (без ПП) по методике раздела 6.4.2.1 в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис.12. Для этого необходимо отсоединить электрический кабель поверяемого ИК от ПП и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭ (Agilent 34401A). Установить частоту опроса ИК – 10 Гц. Задавать контрольные значения тока с помощью РЭ в диапазоне измерений и измерять значения выходной величины;
- определить функцию преобразования ИК подсистемы измерения постоянного и переменного токов и погрешность ИК по ГОСТ 8.207, ГОСТ 8.009-84.

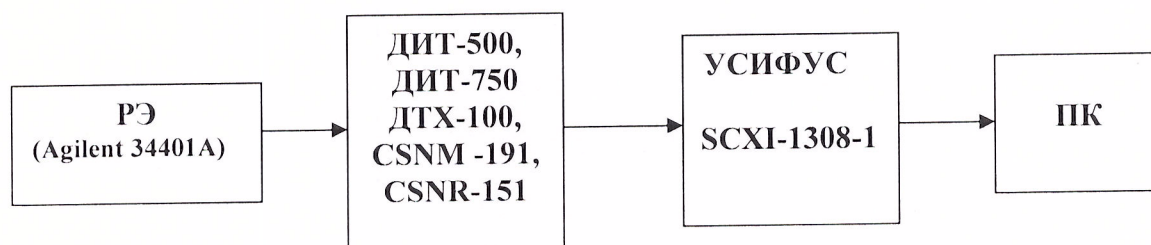


Рис.12

6.5 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;
- электрические помехи;
- влияние фактора времени с начала испытаний (временная нестабильность ИС) и др.

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

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

где $\Delta_{\text{осн}}$ - основная абсолютная 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.

7 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 В процессе обработки подлежат определению метрологические характеристики, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Наименование метрологической характеристики	Условное обозначение
1 Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений: 1.1 Индивидуальная функция преобразования 1.2 Цена единицы наименьшего разряда кода АЦП	полином степени $n \leq 4$ $x=f(y)=a_0+a_1+\dots+a_n y^n$; кусочно-линейная функция $x=x_k+q_{sfk}(y-y_k)$ q_{sf}
2. Характеристики погрешностей: 2.1. Характеристики основной погрешности на каждой k-той контрольной точке: 2.1.1. Неисключенная систематическая составляющая абсолютной погрешности 2.1.2. Среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей абсолютной погрешности. 2.1.3. Абсолютное значение вариации 2.1.4. Случайная составляющая абсолютной погрешности 2.1.5. Абсолютная погрешность 2.2. Характеристики основной погрешности: 2.2.1. Абсолютная погрешность 2.2.2. Относительная погрешность 2.2.3 Приведенная к ВП 2.2.4 Приведенная к НЗ 2.3. Характеристики суммарной погрешности в реальных условиях эксплуатации 2.3.1. Абсолютная погрешность 2.3.2. Относительная погрешность 2.3.3. Приведенная к ВП 2.3.4. Приведенная к НЗ	$\tilde{\Delta}_{ок}$ $\tilde{\sigma}[\tilde{\Delta}_{ок}]$ $\tilde{H}_{ок}$ $\tilde{\Delta}_{ок}$ $\tilde{\Delta}_{окабс}$ $\tilde{\Delta}_o$ $\tilde{\delta}_o$ $\tilde{\gamma}_o$ $\tilde{\gamma}_o^*$ $\tilde{\Delta}$ $\tilde{\delta}$ $\tilde{\gamma}$ $\tilde{\gamma}^*$

Обработка результатов измерений, полученных при проведении поверки ИК, проводится в следующей последовательности.

7.1 Исключение грубых промахов

При нормальном законе распределения результатов наблюдений грубые промахи исключаются по формулам ГОСТ 11.002 в соответствии с указаниями ГОСТ Р 8.207 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 на стадии просмотра результатов наблюдений при градуировке ИК.

7.2 Определение индивидуальной функции преобразования ИК

Индивидуальная функция преобразования ИК определяется по результатам градуировки в виде обратной функции, т.е. как зависимость значений величины x на входе ИК от значений y на его выходе.

При комплектной поверке функцию представляют либо в виде степенного полинома, если нелинейность функции такова, что с достаточной точностью можно ограничиться аппроксимирующим полиномом, не выше 4-й степени:

$$x = a_0 + a_1 y + \dots + a_d y^d \quad (1)$$

либо кусочно-линейной зависимостью

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

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

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

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

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

Значения y_k и q_{sfk} определяются:

$$y_k = \sum_i \sum_n (y_{ikn}^I + y_{ikn}^{II}) / 2 \cdot l \cdot m, \quad (3)$$

$$q_{sfk} = \frac{x_{k+1} - x_k}{y_{k+1} - y_k}.$$

При поэлементной поверке индивидуальная функция преобразования ИК определяется в виде

$$x = F[f(y)] \quad (4)$$

где: $f(y)$ – функция преобразования АЦП, характеризующая зависимость между результатами наблюдений на выходе АЦП (цифровой код) с электрической величиной на входе АЦП;

$F[f(y)]$ - функция преобразования, характеризующая зависимость между электрической величиной на выходе ПП с измеряемой физической величиной на входе ИК.

Функции преобразования $x = F[f(y)]$, $f(y)$ представляют в виде аналогичном (1), (2).

При *поэлементной* поверке допускается определять индивидуальную функцию преобразования ИК с использованием стандартизованных МХ и (или) паспортных данных на входящие в состав ИК средства измерений.

7.3 Определение характеристик основной погрешности ИК при комплектной поверке для прямых измерений

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

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

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

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

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

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

$$\tilde{\Delta}_{osk} = 0; \quad (7)$$

Δ_{pz} - погрешность рабочего эталона.

7.3.2 Абсолютное значение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей абсолютной погрешности ИК на каждой k -той контрольной точке:

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

где: x'_{ikn}, x''_{ikn} - 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 наблюдений на k -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно.

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

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

7.3.3 Абсолютное значение случайной составляющей погрешности ИК на каждой k -той контрольной точке:

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

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

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

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

Примечание. Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускается оценивать абсолютное значение случайной составляющей погрешности ИК по формуле

$$\tilde{\Delta}_{ок} = \tau \cdot \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}$$

7.3.4 Абсолютная основная погрешность ИК 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
К	0.77	0.74	0.71	0.73	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81

7.3.5 Характеристики основной погрешности ИК

Абсолютная основная погрешность ИК

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

Приведенная погрешность ИК:

$$\text{- к верхнему пределу измерений (ВП)} \quad \tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{ВП} \cdot 100\% \quad ; \quad (15)$$

$$\text{- к нормированному значению (НЗ)} \quad \tilde{\gamma}_o^* = \frac{\tilde{\Delta}_o}{НЗ} \cdot 100\% \quad ; \quad (16)$$

Относительная погрешность ИК

$$\tilde{\delta}_o = \max\left(\frac{\tilde{\Delta}_{окабс}}{x_k}\right) \cdot 100\% \quad (17)$$

7.4 *Определение характеристик основной погрешности при **поэлементной** поверке для прямых измерений*

7.4.1 Абсолютная основная погрешность ИК измерения давления

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ПП}^2 + \Delta_{ИВКд}^2} \quad (18)$$

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

$\Delta_{ИВКд}$ – абсолютная основная погрешность ИК давления без ПП.

7.4.2 Абсолютная основная погрешность ИК подсистемы измерения температуры с помощью термопреобразователей сопротивления

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ТС}^2 + \Delta_{ИВКтс}^2} \quad (19)$$

$\Delta_{ТС}$ – НСП термопреобразователя сопротивления. Определяется по ГОСТ 6651-94 в зависимости от типа и класса ПП (А, В, С) или по паспортным данным.

$\Delta_{ИВКтс}$ – абсолютная погрешность ИК температуры без ПП.

7.4.3 Абсолютная основная погрешность ИК подсистемы измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК)

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ТП}^2 + \Delta_{хс}^2 + \Delta_{ИВКтн}^2}, \quad (20)$$

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

$\Delta_{хс}$ – абсолютная основная погрешность ИК температуры холодных спаев (определяется по формуле 19).

$\Delta_{ИВКтн}$ – абсолютная погрешность ИК температуры без ПП.

7.4.4 Абсолютная основная погрешность ИК подсистемы измерения расхода жидкости и топлива

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ПП}^2 + \Delta_{ИВКф}^2}, \quad (21)$$

где: $\Delta_{ПП}$ – абсолютная погрешность ПП расхода жидкости и топлива (ТПР, ТДР);

$\Delta_{ИВКф}$ – абсолютная основная погрешность ИК расхода без ПП.

7.4.5 Абсолютная основная погрешность ИК параметров вибрации

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ВП}^2 + \Delta_{ИВКв}^2} \quad (22)$$

где: $\Delta_{ВП}$ – погрешность аппаратуры измерения роторных вибраций (ПП и ИРП);

$\Delta_{ИВКв}$ – абсолютная основная погрешность ИК вибрации без ПП и ИРП.

7.4.6 Абсолютная основная погрешность ИК постоянного и переменного токов

$$\tilde{\Delta}_o = \sqrt{\Delta_{ПП}^2 + \Delta_{ИВК1}^2} \quad (23)$$

где: $\Delta_{ПП}$ – погрешность преобразователей тока (ДИТ, ДТХ);
 $\Delta_{ИВК1}$ – абсолютная основная погрешность ИК постоянного и переменного токов без ПП.

7.4.7 Относительная погрешность ИК и погрешности, приведенные к ВП и НЗ

Относительная погрешность ИК и погрешности, приведенные к ВП и НЗ определяются по формулам (14)...(17).

7.5 Определение характеристик суммарной погрешности ИК в реальных условиях эксплуатации

7.5.1 Абсолютная погрешность ИК

$$\tilde{\Delta} = \max(\tilde{\Delta}_k), \quad \tilde{\Delta}_k = \sqrt{\tilde{\Delta}_{ок}^2 + \tilde{\Delta}_{допк}^2} \quad (24)$$

$$\tilde{\Delta}_{допк} = \sqrt{\sum_{j=1}^N \tilde{\Delta}_{допк}^2}, \quad (25)$$

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.

7.5.2 Относительная погрешность ИК

$$\tilde{\delta} = \max\left(\frac{\tilde{\Delta}_k}{x_k}\right) \cdot 100\% \quad (26)$$

7.5.3 Приведенная погрешность ИК:

$$\text{- к верхнему пределу измерений (ВП)} \quad \tilde{\gamma} = \frac{\tilde{\Delta}}{ВП} \cdot 100\% \quad (27)$$

$$\text{- к нормированному значению (НЗ)} \quad \tilde{\gamma} = \frac{\tilde{\Delta}}{НЗ} \cdot 100\% \quad (28)$$

Значения погрешностей $\tilde{\Delta}_{j\text{доп}}$, берутся из паспортов на средства измерений, входящие в ИК. При необходимости значения $\tilde{\Delta}_{j\text{доп}}$ могут быть определены экспериментально проведением градуировок ИК по методике раздела 6 в реальных условиях эксплуатации.

При этом обработка результатов наблюдений проводится в следующей последовательности:

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

$$\Psi_{jks}(\xi_j) = A_{jks} \cdot \Delta\xi_j \quad (29)$$

$$A_{jks} = \frac{f[y_k(\xi_{jnp})] - f[y_k(\xi_{jref})]}{\xi_{jnp} - \xi_{jref}} \quad (30)$$

$$\Delta\xi_j = \xi_j - \xi_{jref}; \quad (31)$$

$f(y)$ – 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;

ξ_{jnp} – предельное значение j-той влияющей величины при определении функции влияния

ξ_{jref} – нормальное значение j-той влияющей величины;

ξ_j – текущее значение j-той влияющей величины.

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

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

$$\{\Psi_{jks}(\xi_j) + \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}\xi_j]}\}^2 = |\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}\xi_j]}|^2 \quad (32)$$

$$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}\xi_j]} = \sqrt{\frac{\sum_n \sum_i [f[y'_{ikn}(\xi_{jnp})] - f[y'_k(\xi_{jnp})]]^2 + \sum_n \sum_i [f[y''_{ikn}(\xi_{jnp})] - f[y''_k(\xi_{jnp})]]^2}{2ml - 1}} \quad (33)$$

где: $\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}\xi_j]}$ – СКО ИК при действии предельного значения влияющей величины ξ_{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 $\Psi_{jks}(\xi_j)$ j-той влияющей величины на случайную составляющую погрешности ИК на k-той контрольной точке

$$\Psi_{jk\varepsilon}(\xi_j) = \tau \cdot \Psi_{jk\sigma}(\xi_j) \quad (34)$$

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

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{jk_{don}} &= K \cdot (\Psi_{jks}(\xi_j) + \Psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)) && \text{при } 8 > (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)) > 0,8, \\ \tilde{\Delta}_{jk_{don}} &= \psi_{jks}(\xi_j) && \text{при } (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)) \geq 8,0 \\ \tilde{\Delta}_{jk_{don}} &= \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j) && \text{при } (\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)) \leq 0,8. \end{aligned} \quad (35)$$

Здесь коэффициент K определяется в зависимости от отношения $\psi_{jks}(\xi_j) \cdot \tau / \psi_{jk\varepsilon}(\xi_j)$ в соответствии с таблицей 3.

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

$$\tilde{\Delta}_{j_{don}} = \max(\tilde{\Delta}_{jk_{don}}) \quad (36)$$

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты исследований по определению диапазонов и погрешностей измерительной системы СИ – КСА заносятся в Протокол (приложение Г).

8.2 При положительных результатах исследований оформляется метрологической службой организации, аккредитованной на право проведения поверочных работ, свидетельство о поверке по форме, приведенной в приложении 1 ПР 50.2.006-94.

8.3 Система измерительная СИ-КСА 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 требованиям руководства по эксплуатации ВИКМ.468364.001РЭ и другим нормативным документам;

- диапазоны измерений и погрешности ИК погрешностей измерительной системы СИ – КСА соответствуют требованиям технического задания 51.618.008ТЗЗ и методики поверки 061.063.2007 МП

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

Научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ



А. Горбачев

С. Чурилов

Библиография

- 1 ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- 2 ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
- 3 ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.
- 4 МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.
- 5 РМГ 51-2002 ГСИ. Документы на методики поверки средств измерений.
- 6 ОСТ 1 00487-83. Метрологическое обеспечение испытаний газотурбинных двигателей. Метрологическая аттестация измерительных каналов информационно-измерительных систем.
- 7 51.618.008ТЗЗ Техническое задание на создание испытательного стенда для испытаний коробки самолетных агрегатов КСА-33М.
- 8 МИ-187-86 ГСИ. Средства измерений. Критерии достоверности и параметры методик поверки.
- 9 МИ188-86 ГСИ. Средства измерений. Установление значений параметров методик поверки;
- 10 ГОСТ 6651-94 Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний;
- 11 ГОСТ Р 8.585-2001 ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования.
- 12 ВИКМ.468364.001РЭ Автоматизированная система управления технологическим процессом испытаний коробки самолетных агрегатов на испытательном стенде. Система измерительная СИ-КСА. Руководство по эксплуатации.
- 13 ИЛ62-04 Автоматизированная система управления технологическим процессом испытаний изделия 51.Комплекс программного обеспечения. Руководство оператора.
- 14 ЖЯИУ. 421431.003 МП Аппаратура измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М. Методика поверки.

Перечень параметров, подлежащих поверке, диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей измерений этих параметров измерительной системы СИ-КСА

Подсистема измерения электрических параметров

№ п.п.	Наименование параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности, % от ВП ¹⁾
1	2	3	4	5	6
1	Напряжение на клеммах преобразователя напряжения ГСР правого	U _{гс_п}	В	от 0 до 30	±1,5
2	Напряжение на клеммах преобразователя напряжения ГСР левого	U _{гс_л}	В	от 0 до 30	±1,5
3	Напряжение бортсети	U _{бс}	В	от 0 до 30	±1,5
4	Напряжение ВАСТ или ПСМ	U _{васт}	В	от 0 до 30	±1,5
5	Напряжение питания электростартёра правого,	U _{эс_п}	В	от 0 до 30	±1,5
6	Напряжение питания электростартёра левого,	U _{эс_л}	В	от 0 до 30	±1,5
7	Напряжение на клеммах электродвигателя основного привода правого	U _{оп_п}	В	от 0 до 500	±5
8	Напряжение на клеммах электродвигателя основного привода левого	U _{оп_л}	В	от 0 до 500	±5
9	Частота тока подвозбудителя ПГЛ правого	f _{пв_пг_п}	Гц	от 0 до 500	±1
10	Частота тока подвозбудителя ПГЛ левого	f _{пв_пг_л}	Гц	от 0 до 500	±1
11	Напряжение фазы А ПГЛ правого.	U _{Апг_п}	В	от 0 до 120	±1,5
12	Напряжение фазы В ПГЛ правого	U _{Впг_п}	В	от 0 до 120	±1,5
13	Напряжение фазы С ПГЛ правого	U _{Спг_п}	В	от 0 до 120	±1,5
14	Напряжение фазы А ПГЛ левого	U _{Апг_л}	В	от 0 до 120	±1,5
15	Напряжение фазы В ПГЛ левого	U _{Впг_л}	В	от 0 до 120	±1,5
16	Напряжение фазы С ПГЛ левого	U _{Спг_л}	В	от 0 до 120	±1,5
17	Ток на клеммах преобразователя напряжения ГСР правого	I _{гс_п}	А	от 0 до 500	±1,5
18	Ток на клеммах преобразователя напряжения ГСР левого	I _{гс_л}	А	от 0 до 500	±1,5
19	Ток в фазе А ПГЛ правого	I _{Апг_п}	А	от 0 до 100	±1,5
20	Ток в фазе В ПГЛ правого	I _{Впг_п}	А	от 0 до 100	±1,5
21	Ток в фазе С ПГЛ правого	I _{Спг_п}	А	от 0 до 100	±1,5
22	Ток в фазе А ПГЛ левого	I _{Апг_л}	А	от 0 до 100	±1,5
23	Ток в фазе В ПГЛ левого	I _{Впг_л}	А	от 0 до 100	±1,5
24	Ток в фазе С ПГЛ левого	I _{Спг_л}	А	от 0 до 100	±1,5

1	2	3	4	5	6
25	Ток на клеммах электродвигателя основного привода правого	I _{оп_п}	А	от 0 до 1000	±5
26	Ток на клеммах электродвигателя основного привода левого	I _{оп_л}	А	от 0 до 1000	±5
27	Ток электростартера правого,	I _{эс_п}	А	от 0 до 1000	±1,5
28	Ток электростартера левого	I _{эс_л}	А	от 0 до 1000	±1,5

1) ВП - верхний предел измерений диапазона измерений.

Подсистема измерения частоты вращения роторов

№ п.п	Наименование и обозначение параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности, % от ВП
1	Частота вращения ротора основного привода правого	пкса_п	Гц	от 50 до 850	±0,15
2	Частота вращения ротора основного привода левого	пкса_л	Гц	от 50 до 850	±0,15
3	Частота вращения свободной турбины турбостартера правого	Nстп_п	Гц	от 0 до 1200	±0,15
4	Частота вращения свободной турбины турбостартера левого	Nстп_л	Гц	от 0 до 1200	±0,15
5	Частота вращения турбокомпрессора турбостартера правого	Nткп_п	Гц	от 0 до 3500	±0,15
6	Частота вращения турбокомпрессора турбостартера левого	Nткп_л	Гц	от 0 до 3500	±0,15

Подсистема измерения давления и значений постоянного тока, соответствующих значениям давления

№ п.п	Наименование и обозначение параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности
1	2	3	4	5	6
1	Избыточное давление масла на выходе из агрегата 4030 правого	P _{м_4030_п}	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 333,4 (от 0 до 3,4)	±1,5 % от НЗ ²⁾
2	Избыточное давление топлива на входе в турбостартер	P _{т_тс}	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 156,9 (от 0 до 1,6)	±1,5 % от НЗ
3	Избыточное давление масла на выходе из агрегата 4030 левого	P _{м_4030_л}	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 333,4 (от 0 до 3,4)	±1,5 % от НЗ
4	Избыточное давление масла на входе в редуктор КСА правый	P _{м_ред-п}	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 588,4 (от 0 до 6)	±1,5 % от НЗ
5	Избыточное давление масла на входе в редуктор КСА левый	P _{м_ред-л}	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 588,4 (от 0 до 6)	±1,5 % от НЗ
6	Давление воздуха во внутренней полости КСА правой	P _{в_кса_п}	кПа (кгс/см ²)	от минус 19,6 до 58,8 (от минус 0,2 до 0,6)	±0,5 % от НЗ
7	Избыточное давление масла КСА правой	P _{м_кса_п}	кПа (кгс/см ²)	от 98,1 до 637,4 (от 1,0 до 6,5)	±4 % от НЗ

1	2	3	4	5	6
8	Давление воздуха во внутренней полости КСА левой	$P_{в_кса_л}$	кПа (кгс/см ²)	от минус 19,6 до 58,8 (от минус 0,2 до 0,6)	±0,5 % от НЗ
9	Избыточное давление масла КСА левой	$P_{м_кса_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 98,1 до 637,4 (от 1,0 до 6,5)	±4 % от НЗ
10	Избыточное давление топлива на входе в ДЦН правый	$P_{ТВХ_дц_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 245,2 (от 0 до 2,5)	±1,5 % от НЗ
11	Избыточное давление топлива на выходе из ДЦН правого	$P_{ТВЫХ_дц_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 2255,5 (от 0 до 23)	±1,5 % от НЗ
12	Избыточное давление топлива на входе в ПГЛ правый	$P_{ТВХ_пг_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 2255,5 (от 0 до 23)	±1,5 % от НЗ
13	Избыточное давление топлива на выходе из ПГЛ правого	$P_{ТВЫХ_пг_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 245,2 (от 0 до 2,5)	±1,5 % от НЗ
14	Избыточное давление топлива на входе в ДЦН правый	$P_{ТВХ_дц_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 245,2 (от 0 до 2,5)	±1,5 % от НЗ
15	Избыточное давление топлива на выходе из ДЦН левого	$P_{ТВЫХ_дц_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 2255,5 (от 0 до 23)	±1,5 % от НЗ
16	Избыточное давление топлива на входе в ПГЛ левый	$P_{ТВХ_пг_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 2255,5 (от 0 до 23)	±1,5 % от НЗ
17	Избыточное давление топлива на выходе из ПГЛ левого	$P_{ТВЫХ_пг_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 245,2 (от 0 до 2,5)	±1,5 % от НЗ
18	Избыточное давление жидкости на входе в НП правый	$P_{РЖВХ_нп_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 588,4 (от 0 до 6)	±1,5 % от НЗ
19	Избыточное давление жидкости на выходе из НП правого	$P_{РЖВЫХ_нп_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 22457,1 (от 0 до 229)	±1,5 % от НЗ
20	Избыточное давление жидкости на сливе из НП правого	$P_{РЖСЛ_нп_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 882,6 (от 0 до 9)	±1,5 % от НЗ
21	Избыточное давление в газовой полости гидроаккумулятора левого	$P_{гп_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 22457,1 (от 0 до 229)	±1,5 % от НЗ
22	Избыточное давление жидкости на входе в НП левый	$P_{РЖВХ_нп_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 588,4 (от 0 до 6)	±1,5 % от НЗ
23	Избыточное давление жидкости на выходе из НП левого	$P_{РЖВЫХ_нп_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 22457,1 (от 0 до 229)	±1,5 % от НЗ
24	Избыточное давление жидкости на сливе из НП левого	$P_{РЖСЛ_нп_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 882,6 (от 0 до 9)	±1,5 % от НЗ
25	Избыточное давление в газовой полости гидроаккумулятора правого	$P_{гп_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 22457,1 (от 0 до 229)	±1,5 % от НЗ
26	Избыточное давление масла на входе в угловой привод правый	$P_{РМВХ_уп_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 39,2 до 117,7 (от 0,4 до 1,2)	±1,5 % от НЗ
27	Избыточное давление масла на входе в угловой привод левый	$P_{РМВХ_уп_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 39,2 до 117,7 (от 0,4 до 1,2)	±1,5 % от НЗ
28	Избыточное статическое давление в магистрали подвода охлаждающего воздуха ГСР правого	$P_{в_гс_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 5,9 (от 0 до 0,06)	±1,5 % от ВП ²⁾
29	Избыточное статическое давление в магистрали подвода охлаждающего воздуха ГСР левого	$P_{в_гс_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 5,9 (от 0 до 0,06)	±1,5 % от ВП
30	Избыточное давление масла на входе в мультипликатор правый	$P_{РМВХ_мп_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 490,3 (от 0 до 5)	±1,5 % от НЗ
31	Избыточное давление масла на входе в мультипликатор левый	$P_{РМВХ_мп_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 490,3 (от 0 до 5)	±1,5 % от НЗ
32	Избыточное давление воды в системе	$P_{вод}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 490,3 (от 0 до 5)	±5 % от НЗ
33	Избыточное давление масла откачки КСА перед фильтром правым	$P_{РМВЫХ_мф_п}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 245,2 (от 0 до 2,5)	±1,5 % от НЗ
34	Избыточное давление масла откачки КСА перед фильтром левым	$P_{РМВЫХ_мф_л}$	кПа (кгс/см ²)	от 0 до 245,2 (от 0 до 2,5)	±1,5 % от НЗ
35	Перепад между давлением топлива (масла) в баках и атмосферным давлением (количество каналов- 4)	$H_{т\text{ тс}, Нм, НМмп_п, НМмп_л}$	кПа (мм вод.ст.)	от 0 до 9,8 (от 0 до 1000)	15 % от НЗ

1	2	3	4	5	6
36	Значение постоянного тока, соответствующее значению давления (количество каналов - 6)		mA	от 4 до 20	± 1 % от ВП

2) НЗ-нормированное значение равно разности между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений.

Подсистема измерения температур с термоэлектрическими преобразователями.

Подсистема измерения температур с термопреобразователями сопротивления.

№ п.п	Обозначение параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Диапазон измерения параметра	Предел допускаемой погрешности
1	Температура масла в баке редуктора правого	Тм_кса_п	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
2	Температура масла в баке редуктора левого	Тм_кса_л	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
3	Температура топлива на входе в ДЦН правый,	Ттвх_дц_п	°C	от минус 15 до 80	$\pm 1,5$ % от НЗ
4	Температура топлива на выходе из ДЦН правого	Ттвых_дц_п	°C	от минус 15 до 100	$\pm 1,5$ % от НЗ
5	Температура топлива на входе в ПГЛ правый	Ттвх_пг_п	°C	от минус 15 до 80	$\pm 1,5$ % от НЗ
6	Температура топлива на выходе из ПГЛ правого	Ттвых_пг_п	°C	от минус 15 до 120	$\pm 1,5$ % от НЗ
7	Температура топлива на входе в ДЦН левый	Ттвх_дц_л	°C	от минус 15 до 80	$\pm 1,5$ % от НЗ
8	Температура топлива на выходе из ДЦН левого	Ттвых_дц_л	°C	от минус 15 до 100	$\pm 1,5$ % от НЗ
9	Температура топлива на выходе в ПГЛ правого	Ттвх_пг_л	°C	от минус 15 до 80	$\pm 1,5$ % от НЗ
10	Температура топлива на выходе из ПГЛ левого	Ттвых_пг_л	°C	от минус 15 до 80	$\pm 1,5$ % от НЗ
11	Температура жидкости на входе в НП правый	Тжвх_нп_п	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
12	Температура жидкости на входе в НП левый	Тжвх_нп_л	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
13	Температура масла на входе в угловой привод правый	Тмвх_уп_п	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
14	Температура масла на входе в угловой привод левый	Тмвх_уп_л	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
15	Температура охлаждающего воздуха ГСР	Т _{ГОВ}	К	от 258 до 458	$\pm 0,5$ % от ВП
16	Температура масла на входе в мультипликатор правый	Тмвх_мп_п	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
17	Температура масла на выходе из мультипликатора правого	Тмвых_мп_п	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
18	Температура масла на входе в мультипликатор левый	Тмвх_мп_л	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
19	Температура масла на выходе из мультипликатора левого	Тмвых_мп_л	°C	от минус 15 до 185	$\pm 1,5$ % от НЗ
20	Температура газа за турбиной турбо-стартера правого	Тгазп	К	от 258 до 1173	$\pm 0,8$ % от ВП
21	Температура газа за турбиной турбо-стартера левого	Тгазл	К	от 258 до 1173	$\pm 0,8$ % от ВП

Подсистема измерения расхода жидкости и топлива

№ п.п	Наименование параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Диапазон измерения параметра	Предел допускаемой погрешности, % от ВП
1	Расход жидкости через НП правый	Q _{нп 10 п}	л/мин	от 7,2 до 36	±2
2	Расход жидкости через НП левый,	Q _{нп 10 л}	л/мин	от 7,2 до 36	±2
3	Расход жидкости через НП правый	Q _{нп 13 п}	л/мин	от 18 до 110	±2
4	Расход жидкости через НП левый	Q _{нп 13 л}	л/мин	от 18 до 110	±2
5	Расход топлива через ДЦН правый	Q _{дц_п}	тыс. л/ч	от 20 до 60	±2
6	Расход топлива через ДЦН левый	Q _{дц_л}	тыс. л/ч	от 20 до 60	±2
7	Прокачка масла через правый редуктор КСА	Q _{м_кса_п}	л/ч	от 180 до 900	±10
8	Прокачка масла через левый редуктор КСА	Q _{м_кса_л}	л/ч	от 180 до 900	±10

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

№ п.п	Наименование параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Диапазон измерения параметра	Предел допускаемой погрешности, % от ВП
1	Виброускорение корпуса КСА вдоль оси основного изделия (редуктор КСА правый)	V _{x_кса_п}	g	от 0,5 до 10	±12
2	Виброускорение корпуса КСА вдоль оси основного изделия (редуктор КСА левый)	V _{x_кса_л}	g	от 0,5 до 10	±12
3	Виброускорение корпуса КСА в вертикальном направлении (редуктор КСА правый)	V _{y_кса_п}	g	от 0,5 до 10	±12
4	Виброускорение корпуса КСА в вертикальном направлении (редуктор КСА левый)	V _{y_кса_л}	g	от 0,5 до 10	±12
5	Напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации (количество каналов-4)		В	от 0 до 5	±1

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	-	1,960

Протокол № ПР-01-КСА-07
определения диапазонов и погрешностей измерительной системы СИ – КСА
стенда ИС 42 для испытания коробки самолетных агрегатов
предприятия ОАО «Климов»

1 Вид поверки.....

2 Средства поверки

Таблица 1

№ п.п.	Наименование рабочего эталона	Тип, обозначение рабочего эталона	№ рабочего эталона	Действие свидетельст- ва о поверке
1				
2				
3				
4				
5				
6				

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 СИ-КСА представлены в Таблицах 2....

Параметры поверки ИК подсистем ИС СИ-КСА:

- число контрольных точек, $p=$
- число циклов нагружения, $l=$
- число опросов на точке, $m=$

Расчет суммарной погрешности проводятся по формулам методики поверки
№ 061.063.2007 МП.

Таблица 2

№ п.п	Наименование и обозначение параметра	Способ поверки	Единица измерения	Диапазон измерения параметра	Тип первичного преобразователя	Суммарная погрешность ИК	Предел допускаемой погрешности
1	2	3	4	5	6	7	

5 Выводы.....
.....

6 Заключение.....

Поверитель

(подпись, дата)

(ф.и.о.)