

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	4
2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	5
3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ	6
4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	7
5. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ	7
6. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ	7
7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	7
7.1. Внешний осмотр.....	7
7.2. Опробование	8
7.3. Определение МХ.....	8
8. Идентификация ПО.....	16
9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	16
Приложение А	17
Приложение Б	24
Приложение В	30
Приложение Г	31
Приложение Д.....	33

ОБОЗНАЧЕНИЯ

ГТД – газотурбинный двигатель;
МП – методика поверки;
КД – конструкторская документация;
ИВК – измерительно-вычислительный комплекс;
АРМ – автоматизированное рабочее место;
ИК – измерительный канал;
ИИС – информационно-измерительная система;
ПИП – первичный измерительный преобразователь;
ИРП – измерительно-регистрирующий прибор;
ТС – термопреобразователь сопротивления;
ДМП – динамометрическая платформа;
СИС – силоизмерительная система;
ПГУ поверочное градуировочное устройство;
СГУ – стендовое градуировочное устройство;
УПП – устройство предварительной подгрузки;
РЭТ – рабочий эталон;
ТПР – турбинный преобразователь расхода жидкости;
РМК – расходомерный коллектор;
МХ – метрологические характеристики;
НСП – неисключенная систематическая погрешность;
СКО – среднее квадратическое отклонение;
НСХП – номинальная статическая характеристика преобразования;
МХ – метрологические характеристики;
ВП – верхний предел измерений;
ИВ – измеренная величина;
НЗ – нормированное значение;
 $R_{\text{макс}}$ – максимальное значение силы от тяги.
 γ – приведенная погрешность измерений;
 Δ – абсолютная погрешность измерений;
 δ – относительная погрешность измерений;
ПО – программное обеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая МП распространяется на систему измерительную СИ-1/ГТД-30, (далее – система), зав. № 001, изготовленную предприятием Лыткаринский машиностроительный завод филиал ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение», г. Лыткарино Московской обл., и устанавливает порядок и объем ее первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Поверка ИК системы осуществляется двумя способами:

- комплексным способом с оценкой МХ ИК в целом (по результатам сквозной градуировки ИК);

- поэлементным способом с оценкой МХ ИК по МХ элементов, входящих в состав ИК.

Примечание - Перечень документов на поверку элементов ИК приведен в Приложении Д.

1.2 При поверке системы выполнить операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	Периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	+	+
2 Опробование	7.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	7.3	+	+
3.1 Определение погрешностей измерений давления воздуха (газов) и жидкостей ^{1), 2)} и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления ¹⁾	7.3.1	+	+
3.2 Определение погрешностей измерений температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления ^{1), 2)} , и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры ¹⁾	7.3.2	+	+
3.3 Определение погрешностей измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л) ¹⁾	7.3.3	+	+
3.4 Определение погрешностей измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов двигателя ¹⁾	7.3.4	+	+
3.5 Определение погрешности измерений расхода (прокачки) масла ²⁾	7.3.5	+	+
3.6 Определение погрешностей измерений силы от тяги двигателя ¹⁾	7.3.6	+	+
3.7 Определение погрешностей измерений массового расхода воздуха ²⁾	7.3.7	+	+

Продолжение таблицы 2

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	Периодической поверке
3.8 Определение погрешностей измерений параметров вибрации ¹⁾	7.3.8	+	+
3.9 Определение погрешностей измерений массового расхода топлива ²⁾	7.3.9	+	+
4 Идентификация ПО	7.4	+	+
¹⁾ Поверка осуществляется комплектным способом ²⁾ Поверка осуществляется поэлементным способом			

1.3 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего количества ИК и меньшего числа поддиапазонов измерений.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
7.3.1, 7.3.7	Калибратор давления DPI 610: диапазон воспроизведения избыточного давления от минус 1 до плюс 20 МПа, диапазон воспроизведения разности давлений от 0,25 до 15 кПа, пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,025\%$
7.3.1, 7.3.7	Калибратор многофункциональный DPI 620: диапазон воспроизведения избыточного давления от минус 0,1 до 20 МПа, пределы допускаемой основной приведенной погрешности: $\pm 0,1\%$ в диапазоне от минус 2,5 до плюс 2,5 кПа, $\pm 0,025\%$ в диапазоне от минус 100 до плюс 100 кПа, $\pm 0,025\%$ в диапазоне от 0 до 20 МПа
7.3.2, 7.3.7	Калибратор температуры эталонный КТ-650/М1: диапазон воспроизведения температуры от 50 до 650 °С, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизводимых величин температуры $\pm(0,05+0,06t/100)$ °С, где t – значение воспроизводимой величины температуры
7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.7	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-2000: диапазон воспроизведения силы постоянного тока от 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного $\pm(10^{-4} \cdot I + 1)$ мкА; диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от минус 10 до плюс 100 мВ, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного $\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3)$ мкВ; диапазон воспроизведения сопротивления постоянному току от 0 до 320 Ом, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения сопротивления постоянному току $\pm 0,015$ Ом в диапазоне от 0 до 180 Ом и $\pm 0,025$ Ом в диапазоне от 180 до 320 Ом, где I, U – значения воспроизводимых величин тока и напряжения соответственно

Продолжение таблицы 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
7.3.4, 7.3.5	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-112: диапазон воспроизведения частоты переменного тока от 0,01 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой основной относительной погрешности воспроизведения частоты переменного тока $\pm 5 \cdot 10^{-7} \%$
7.3.6	Динамометр электронный на растяжение ТМР-200/00: наибольший предел измерений 200 кН, класс точности 00 по ГОСТ Р 55223-2012
	Динамометр электронный универсальный ТМУ-100/1: наибольший предел измерений 100 кН, класс точности 1 по ГОСТ Р 55223-2012
7.3.8	Акселерометр пьезоэлектрический 4371: диапазон измерений виброускорения от $2,5 \cdot 10^{-5}$ до $60 \cdot 10^3$ м/с ² , пределы допускаемого отклонения коэффициента преобразования от номинального значения $\pm 2 \%$
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
7.3.6	Поверочное градуировочное устройство по ОСТ 1 02677-89
	Стендовое градуировочное устройство по ОСТ 1 02677-89
	Набор граммовых гирь 2-го класса Г-2-210
7.3.8	Установка электродинамическая вибрационная испытательная М030/МА1: СКО виброскорости от 0,35 до 100 мм/с, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения виброскорости $\pm 4 \%$
7.3.8	Контроллер управления вибрационным воздействием К-2: диапазон частот от 0,2 до 20000 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений синусоидального виброускорения (виброскорости) $\pm 1 \%$
7.3.1-7.3.8	Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1: диапазон измерений абсолютного давления от 600 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,33$ гПа
7.3.1-7.3.8	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7/Щ/1: диапазон измерений относительной влажности от 10 до 98 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2,0 \%$; диапазон измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры ± 1 °С в диапазонах от минус 20 до 0 °С, от 40 до 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,5$ °С в диапазоне от 0 до 40 °С

2.2 Вместо указанных в таблице 2 допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение МХ с требуемой точностью.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах)

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К поверке допускаются лица, квалифицированные в качестве поверителя, изучившие РЭ системы, знающие принцип действия используемых СИ, имеющие навыки работы на персональном компьютере.

3.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже 3.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

- 4.1. При проведении поверки системы необходимо соблюдать:
- правила безопасности, действующие на предприятии-эксплуатанте системы, ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.004-91;
 - правила безопасности, утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
 - общие правила выполнения работ в соответствии с эксплуатационной документацией по требованиям безопасности изготовителя.
- 4.2. К работе по выполнению поверки системы допускаются лица не моложе 18 лет, ознакомленные с эксплуатационной документацией на систему и с настоящей методикой.
- 4.3. Работы по выполнению поверки систем должны проводиться по согласованию с лицом, ответственным за их эксплуатацию.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

- 5.1 Поверку проводить при следующих условиях:
- температура воздуха, °С (К).....от 15 до 25 (от 288 до 298);
 - относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, %.....от 30 до 80;
 - атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа).....от 720 до 780 (от 96 до 104);
- параметры электропитания:*
- напряжение сети переменного тока, В..... от 198 до 242;
 - частота переменного тока, Гцот 49,6 до 50,4.

Примечание – При проведении поверочных работ условия окружающей среды РЭТ должны соответствовать требованиям, указанным в их РЭ.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

- 6.1 При подготовке к поверке провести следующие работы:
- проверить комплектность эксплуатационной документации системы;
 - проверить наличие поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на эталонные и вспомогательные средства поверки;
 - проверить наличие поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на средства измерений утвержденного типа, входящих в состав системы;
 - подготовить к работе все приборы и аппаратуру согласно их РЭ;
 - собрать схемы поверки ИК, приведенные ниже, проверить целостность электрических цепей;
 - обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК;
 - включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
 - включить питание ПИП и аппаратуры системы не менее чем за 30 мин до начала проведения поверки;
 - создать, проконтролировать и записать в протокол условия проведения поверки.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

- 7.1 Внешний осмотр
- 7.1.1 При внешнем осмотре установить соответствие системы следующим требованиям:
- комплектность системы должна соответствовать формуляру 521.30.004.00ФО;
 - маркировка согласно 521.30.004.00 РЭ;
 - наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам);
 - герметичность линий измерения давлений.
- СИ, входящие в состав системы, не должны иметь внешних повреждений, которые могут влиять на работу системы, при этом должно быть обеспечено: надежное крепление соединителей и разъемов, отсутствие нарушений экранировки кабелей, качественное заземление;

СИС должна удовлетворять требованиям ОСТ 1 02512-84, ОСТ 1 02583-86.

СИРВ должна удовлетворять требованиям ОСТ 1 02555-85.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеприведенные требования.

7.2 Опробование

Перед началом работ проверить оборудование и включить систему, руководствуясь документом 521.30.004.00 РЭ.

При опробовании проверить правильность функционирования ИК системы.

Для этого необходимо задать на входе ИК с помощью РЭТ физическую величину, соответствующую минимальному и максимальному значениям параметра контролируемого диапазона измерений. Оператору ПК проконтролировать измеренные системой значения физической величины. Убедиться в правильности функционирования ИК.

Результаты опробования считать положительными, если измеренные значения физической величины совпадают с заданными эталонными значениями в пределах допустимой погрешности измерений ИК системы. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

7.3 Определение МХ

Определение МХ проводить по программе «Метрология» в последовательности, изложенной в инструкции оператора ЭИО-21ИН-208, по программе «Система метрологической поверки», работающей в ОС «MS Windows 7/XP».

7.3.1 Определение погрешностей измерений давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления.

7.3.1.1 Погрешности измерений давления воздуха (газов) и жидкостей определить одним из следующих способов:

- комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- отсоединить вход ПИП давления (ADZ, ЗОНД-10-ИД, ЗОНД-10ДД, СРС, МРХ) от измерительной пневмомагистрали испытательного стенда и соединить его с РЭТ давления (DPI 610, DPI 620). Схема подключения РЭТ приведены на рисунке 1;

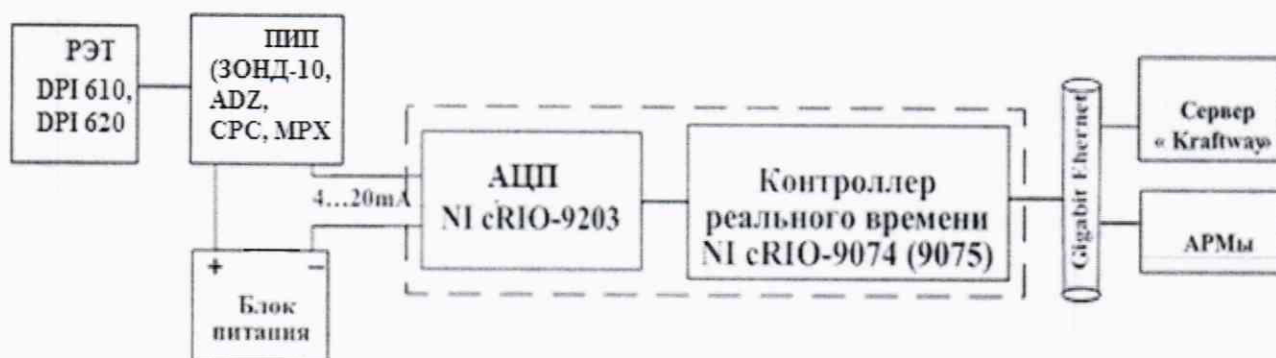


Рисунок 1

- провести градуировку ИК давления в диапазонах, указанных в таблице А.1 Приложения А, по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

- оценить МХ ИК давления в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

- поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку ПИП (ЗОНД-10-ИД, ЗОНД-10-ДД, ADZ) по утвержденным методикам поверки;

- подключить ИК без ПИП к РЭТ (ИКСУ-2000) по схеме, приведенной на рисунке 2;

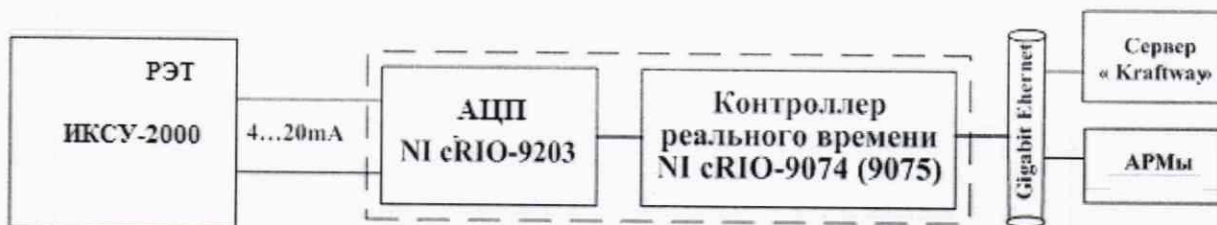


Рисунок 2

- провести градуировку ИК силы постоянного тока, соответствующего значениям давления, в диапазоне значений от 4 до 20 мА, по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.1.2 Погрешности измерений силы постоянного тока, соответствующие значениям давления, определить комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной поверки ИК в следующей последовательности:

- провести градуировку ИК силы постоянного тока, соответствующей значениям давления, в диапазоне значений от 4 до 20 мА по схеме, приведенной на рисунке 2, в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.1.3 Результаты поверки ИК давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления, считать положительными, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах, указанных в графах 4 таблицы А.1 и графе 6 таблицы А.2 Приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.2 Определение погрешностей измерений температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления (ТС), и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры.

7.3.2.1 Погрешности измерений температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой ТС, определить одним из следующих способов:

- комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- подключить РЭТ (КТ-650/М1) к ИК температуры. Схема подключения РЭТ, приведена на рисунке 3;

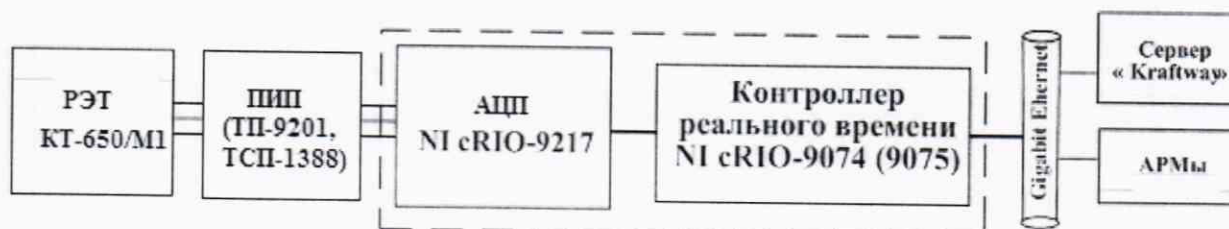


Рисунок 3

- провести градуировку ИК температуры в диапазонах, указанных в таблице А.1 приложения А, по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

- поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку ТС (ТП-9201, ТСП-1388) по методике поверки ГОСТ 8.461-2009;

- подключить ИК без ПИП к РЭТ (ИКСУ-2000) по схеме, приведенной на рисунке 4;

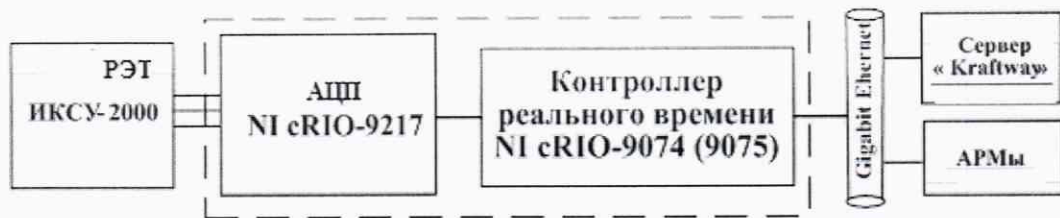


Рисунок 4

- провести градуировку ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, измеряемой ТС, по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
- оценить МХ ИК температуры в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.2.2 Погрешности измерений ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, измеряемой ТС, определить комплексным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- провести градуировку ИК сопротивления постоянному току по схеме, приведенной на рисунке 4, в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.2.3 Результаты поверки ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой ТС, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, считать положительными, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах, указанных в графе 4 таблицы А.1 и графе 6 таблицы А.2 Приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.3 Определение погрешностей измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л).

7.3.3.1 Погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л). определить комплексным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- подключить РЭТ (ИКСУ-2000) к ИК напряжения постоянного тока. Схема подключения РЭТ показана на рисунке 5;

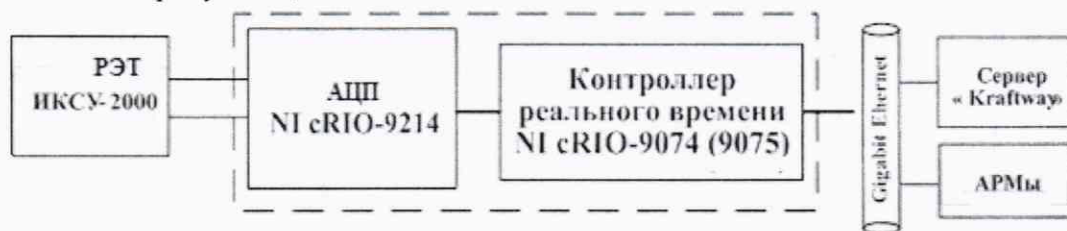


Рисунок 5

- провести градуировку ИК напряжения постоянного тока в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.2.3 Результаты поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л), считать положительными, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах, указанных в графе 6 таблицы А.2 Приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.4 Определение погрешности измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов двигателя.

7.3.4.1 Погрешности измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов двигателя, определить комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- отсоединить электрический кабель датчика частоты вращения от ИК и подключить ИК с помощью жгута-переходника к РЭТ (ГЗ-112). Схема подключения показана на рисунке 6;

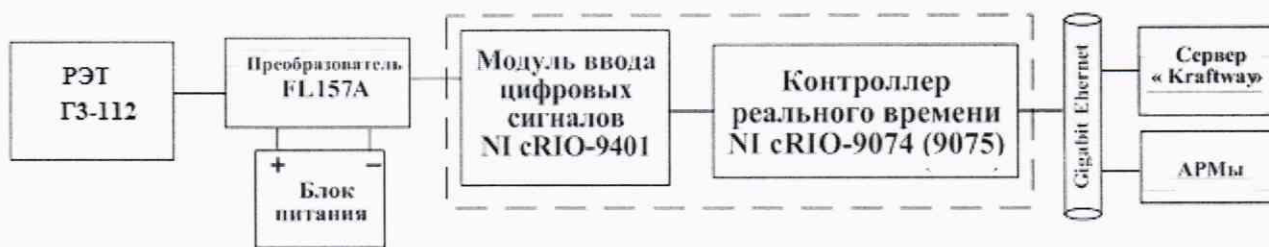


Рисунок 6

- провести градуировку ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов двигателя, по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ (ГЗ-112) контрольные значения частоты электрического сигнала синусоидальной формы 300, 620, 940, 1260, 1580, 1900, 2220, 2540, 2860, 3180 и 3500 Гц с амплитудой 1,0 В;

- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.4.2 Результаты поверки ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов, считать положительными, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах $\pm 0,1\%$ от ВП. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.5 Определение погрешности измерений расхода (прокачки) масла

7.3.5.1 Погрешность измерений расхода (прокачки) масла определить поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку турбинных преобразователей расхода (ТПР14) в соответствии с документом ЛГФИ.407221.004 МИ «Методы и средства поверки преобразователей», утвержденной 32 ГНИИ МО РФ в 2003 г.;

- отсоединить электрический кабель преобразователя расхода ТПР14 от ИК и с помощью жгута-переходника подключить к ИК РЭТ (ГЗ-112) по схеме, приведенной на рисунке 6;

- провести градуировку ИК расхода (прокачки) масла (без ПИП) по методике, приведенной в разделе 1 приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ контрольные значения частоты электрических сигналов синусоидальной формы 50, 140, 230, 320, 410 и 500 Гц с амплитудой 1,0 В;

- оценить МХ ИК расхода (прокачки) масла в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.5.2 Результаты поверки ИК расхода (прокачки) масла считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах $\pm 1,0\%$ от ВП в диапазонах измерений от 15 до 70 л/мин. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.6 Определение погрешностей измерений силы от тяги двигателя

Погрешности измерений силы от тяги двигателя (составляющие: горизонтальная R_x , вертикальная R_y и боковая R_z) определить в соответствии со схемами поверки, приведенными на рисунках 7а, 7б, 7в.

7.3.6.1 Определить порог реагирования ИК силы от тяги:

1) приложить к ДМП при помощи СГУ силу $R = 0,1 R_{\text{макс}}$ ($R_{x\text{макс}} = 176,52$ кН, $R_{y\text{макс}} = 98,067$ кН, $R_{z\text{макс}} = 49,033$ кН);

2) положить на УПП плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь (набор граммовых гирь 2-го класса Г-2-210), при котором появляется реагирование показаний силы на экране монитора на одну-две единицы наименьшего разряда;

3) снять дополнительные гири с грузоприёмного устройства СГУ и записать в протокол вес этих дополнительных гирь;

4) повторить операции 2) и 3) с наложением гирь еще 4 раза;

5) приложить к ДМП при помощи СГУ силу $R=1,0 R_{\text{макс}}$;

6) выполнить операции по п. 7.3.6.1.2) - 7.3.6.1.4).

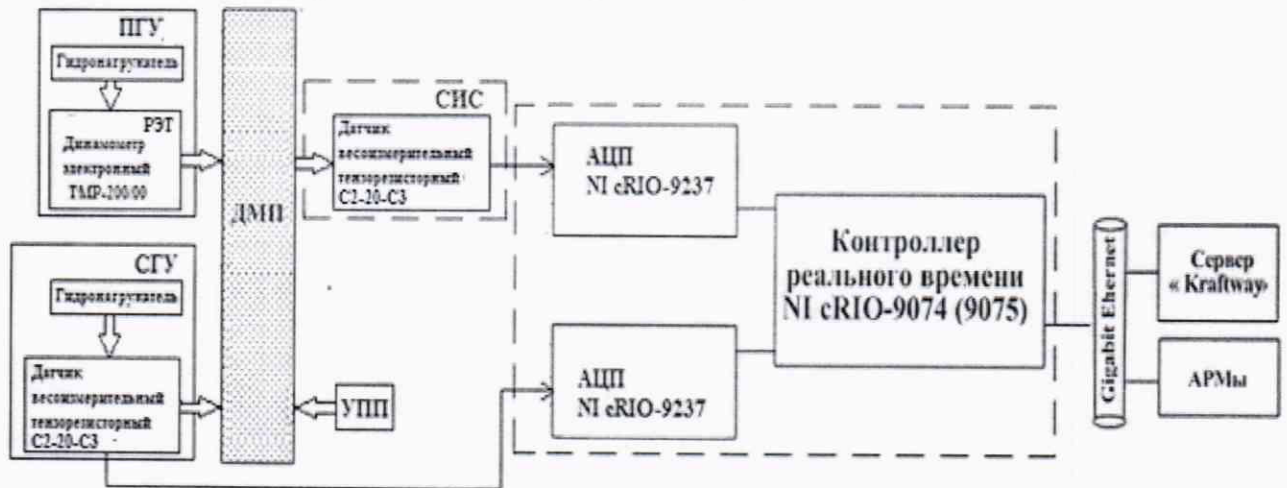


Рисунок 7а

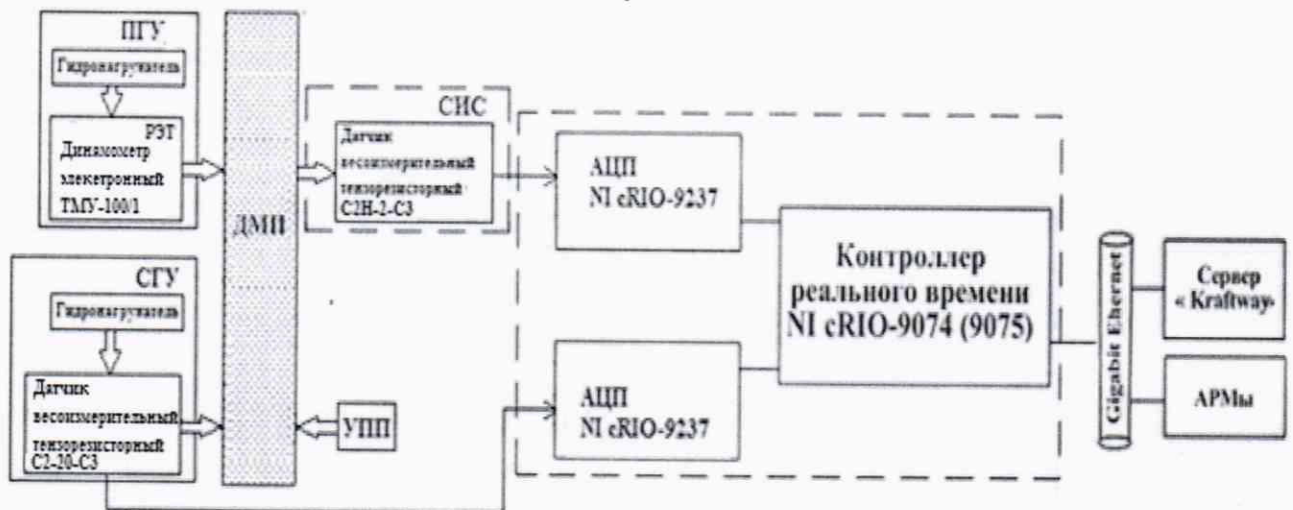


Рисунок 7б

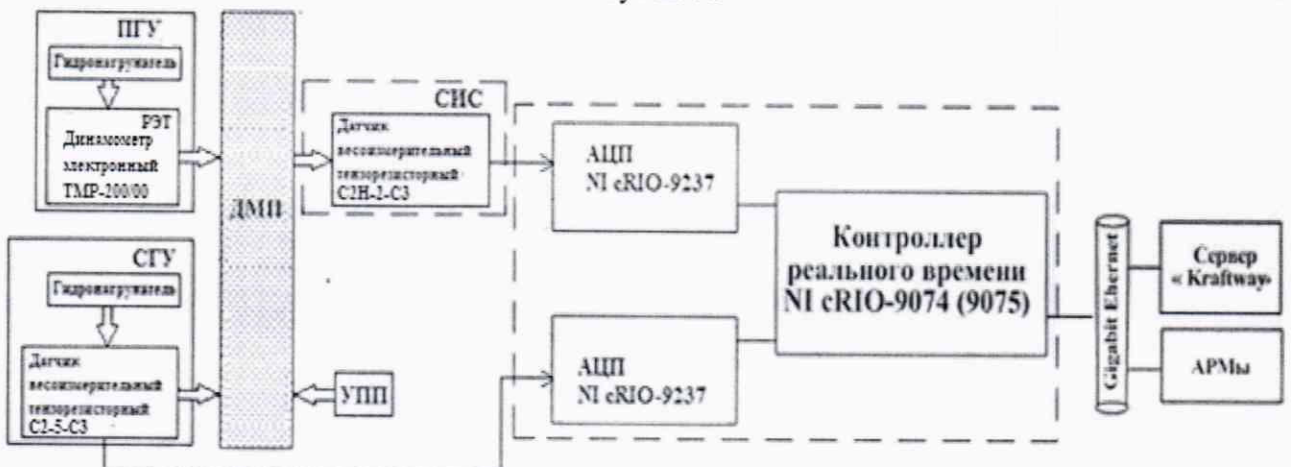


Рисунок 7в – Схема поверки ИК боковой составляющей силы от тяги двигателя Rz рабочим эталоном TMR-200/00

7.3.6.2 Определить с помощью СГУ индивидуальную функцию преобразования (градуировочную характеристику) и случайную составляющую погрешности ИК силы от тяги в следующей последовательности:

- 1) разгрузить СИС до «условного» нуля;
- 2) нагрузить СИС до $R_{\text{макс}}$ и без выдержки разгрузить до «условного» нуля;
- 3) записать в протокол поверки время начала градуировки, температуру воздуха в боксе, в котором размещена СИС, и показания СИС при нагрузке, соответствующей «условному» нулю ИК силы от тяги;
- 4) задавать с помощью СГУ регулярную последовательность контрольных значений силы не менее чем из 11-ти (10 ступеней нагружения) от «условного» нуля до $R_{\text{макс}}$ (прямой ход) и от $R_{\text{макс}}$ до «условного» нуля (обратный ход), и, останавливаясь на каждой контрольной точке не менее чем на 15 секунд, регистрировать показания ИК силы от тяги.
- 5) повторить операции пункта 7.3.6.2.4) ещё два раза.

П р и м е ч а н и е - При градуировке ИК силы от тяги необходимо соблюдать следующие правила:

- считывание и регистрацию показаний ИК производить после успокоения их показаний;
- при осуществлении нагружения (разгрузки) СИС не допускать переход через принятые контрольные точки градуировки и возврата к ним с противоположной стороны хода градуировки. В случае такого перехода следует разгрузить (нагрузить) СИС до значения силы, предшествующей данной контрольной точке, после чего нагрузить (разгрузить) СИС и выйти на необходимую контрольную точку;
- перерыв между следующими друг за другом однократными градуировками не должен превышать 10 минут.

7.3.6.3 Определить систематическую составляющую погрешности ИК силы от тяги путем сличения показаний ИК, полученных при 3-х кратной градуировке с помощью ПГУ (РЭТ –ТМР-200/00 при градуировке ИК составляющих силы от тяги двигателя R_x , R_z и РЭТ –ТМУ-100/1 при градуировке ИК составляющей силы от тяги двигателя R_y).

Для проведения 3-х кратной градуировки ИК силы от тяги с помощью ПГУ необходимо выполнить следующие операции:

- 1) замкнуть силовую цепь ПГУ;
- 2) нагрузить СИС гидравлическим нагрузителем ПГУ силой равной $R_{\text{макс}}$ и выдержать под нагрузкой не менее 3-х минут;
- 3) разгрузить СИС до «условного» нуля, разомкнуть силовую цепь ПГУ и зарегистрировать «нулевое» показание ИК силы от тяги;
- 4) замкнуть силовую цепь ПГУ и повторить операции 7.3.4.3.2), 7.3.4.3.3) еще два раза.
- 5) сравнить нулевые показания ИК силы от тяги до и после трехкратного нагружения-разгружения СИС. Если результат сравнения нулевых показаний ИК силы от тяги не превышает 0,1 % от $R_{\text{макс}}$, то можно приступить к градуировке СИС с помощью ПГУ. В противном случае необходимо выявить и устранить причину, после чего повторить операции по п.п. 7.3.6.3.1) - 7.3.6.3.5);
- 6) замкнуть силовую цепь ПГУ;
- 7) нагрузить СИС гидравлическим нагрузителем силой равной $R_{\text{макс}}$ и выдержать под нагрузкой не менее 3-х минут;
- 8) разгрузить СИС до «условного» нуля и, разомкнув силовую цепь ПГУ, зарегистрировать в протоколе градуировки нулевые показания ИК силы от тяги;
- 9) замкнуть силовую цепь ПГУ задавать с помощью ПГУ регулярную последовательность контрольных значений силы не менее чем из 11-ти (10 ступеней нагружения) от «условного» нуля до $R_{\text{макс}}$ (прямой ход) и от $R_{\text{макс}}$ до «условного» нуля (обратный ход), и, останавливаясь на каждой контрольной точке не менее чем на 15 секунд, регистрировать показания ИК силы от тяги.
- 10) повторить операции пункта 7.3.6.2.9) ещё два раза.

11) разомкнуть силовую цепь ПГУ и записать в протокол нулевые показания СИС, время окончания градуировки и температуру окружающего воздуха в боксе;

12) сравнить показания ИК, полученные по п.п. 7.3.6.3.9), 7.3.6.3.10) с показаниями ИК, полученными по п. 7.3.6.2.4), 7.3.6.2.5);

13) после предварительного анализа полученных результатов градуировки СИС демонтировать силоизмерительную цепь ПГУ.

П р и м е ч а н и е - Перед градуировкой и при градуировке СИС с помощью ПГУ необходимо соблюдать следующие правила:

- РЭТ должен быть выдержан в помещении, где производится поверка, не менее 3-х часов, для принятия температуры окружающего воздуха;

- считывание и регистрацию показаний СИС производить по командам специалиста, работающего с РЭТ;

- при осуществлении градуировки не допускать перехода через принятые контрольные значения силы и возврата к ним с противоположного хода градуировки;

- не допускать перерыва между следующими друг за другом однократными градуировками более 10 минут;

- температура в боксе во время градуировки не должна изменяться более, чем на $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

7.3.6.4 Определить функцию преобразования (градуировочную характеристику) и погрешности ИК силы от тяги в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.6.5 Результаты поверки ИК силы от тяги двигателя считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах:

- $\pm 0,5\%$ от ВП в диапазоне измерений от 0 до ВП=123,56 кН, $\pm 0,5\%$ от ИВ в диапазоне измерений от 123,56 до 176,52 кН – горизонтальная составляющая силы от тяги R_x ;

- $\pm 0,6\%$ от ВП в диапазоне измерений от 0 до ВП =68,647 кН, $\pm 0,6\%$ от ИВ в диапазоне измерений от 68,647 до 98,067 кН – вертикальная составляющая силы от тяги R_y ;

- $\pm 1,0\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=34,323 кН, $\pm 1,0\%$ от ИВ в диапазоне измерений от 34,323 до 49,033 кН – боковая составляющая силы от тяги R_z , а порог реагирования ИК по трем составляющим не превышает $0,02\%$ от $R_{\text{макс}}$.

В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.7 Определение погрешности измерений массового расхода воздуха

7.3.7.1 Определение погрешности измерений массового расхода воздуха включает в себя:

- определение погрешности измерений давления воздуха на входе в РМК, перепада между полным давлением воздуха на входе в РМК и статическим давлением в мерном сечении РМК по методике, приведенной в разделе 7.3.1;

- определение погрешности измерений температуры воздуха на входе в РМК по методике, изложенной в разделе 7.3.2;

- контроль геометрических параметров РМК на соответствие требованиям ОСТ 1 02555-85;

- оценку МХ ИК расхода воздуха в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.7.2 Результаты поверки ИК расхода воздуха считать положительными, если значения погрешностей находятся в пределах $\pm 0,5\%$ от ИВ в диапазоне измерений от 90 до 140 кг/с. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.8 Определение погрешностей измерений параметров вибрации

7.3.8.1 Погрешности измерений параметров вибрации определить комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- подключить РЭТ (акселерометр 4371) к ИК вибрации. Схема подключения РЭТ к ИК вибрации с вибропреобразователями АВС 132, АНС 066 приведена на рисунке 8. Схема подключения РЭТ к ИК вибрации с акселерометрами СА 280 приведена на рисунке 9.

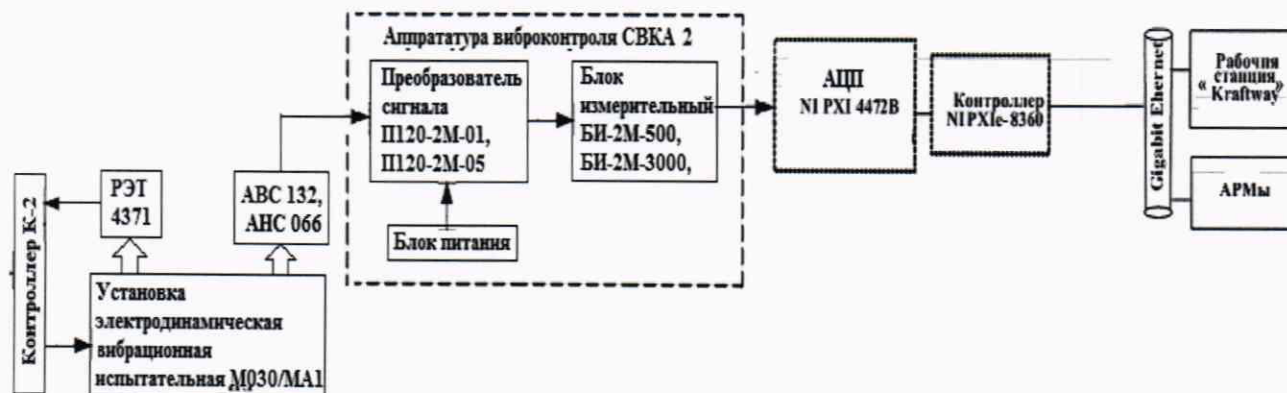


Рисунок 8

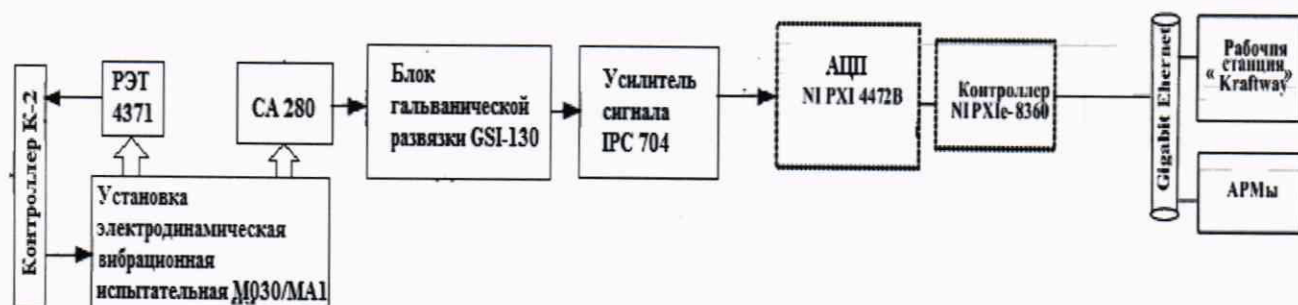


Рисунок 9

- провести градуировку ИК вибрации при задании с помощью установки электродинамической вибрационной М030/МАП1 контрольных значений амплитуды виброскорости 10, 20, 40, 60, 80 и 100 мм/с на фиксированной частоте вибрации 125 Гц с в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

- провести градуировку ИК вибрации при задании с помощью установки М030/МАП1 контрольных значений частоты вибрации 63, 125, 160, 200, 250 Гц при фиксированном значении амплитуды виброскорости 50 мм/с в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.8.2 Результаты поверки ИК параметров вибрации считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, $\pm 10\%$ от ВП (ВП = 100 мм/с) в диапазоне значений виброскорости от 10 до 100 мм/с и – частоты от 63 до 250 Гц. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится его повторная поверка.

7.3.9 Определение погрешностей измерений массового расхода топлива

Определение погрешностей измерений массового расхода топлива осуществляется по результатам поверки в аккредитованной на право поверки организации расходомеров-счетчиков

7.4 Идентификация ПО

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с документом ЭИО-21ИН-208.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Наименование ПО	Значение		
	Библиотека обработки параметров	Библиотека работы с коэффициентами	Библиотека вычислительных функций
Идентификационное наименование ПО	(РЧ) Обработка параметров.llb	(РЧ) Коэффициенты.llb	(РЧ) Функции.llb
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1	1.1	1.1
Цифровой идентификатор ПО	a440e5e398e3f8665010a5a8a65662ca	b28945d2a731e0dae67e027c0a65357a	840ff3edb560db281e833a9363cc8160

Продолжение таблицы 3

Наименование ПО	Значение	
	Библиотека идентификации ПО	ПО метрологических исследований
Идентификационное наименование ПО	(РЧ) Идентификация.llb	Система метрологической поверки.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1	1.3
Цифровой идентификатор ПО	f29194f1970553686ef001cb96d047ee	71ad0d37985077eb67ce4f80837eb022

Убедиться в соответствии идентификационных признаков метрологически значимой части ПО данным, указанным в таблице 3. В случае несоответствия идентификационных признаков данным, приведенным в таблице 3 ПО направляется для проведения настройки.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки системы занести в протокол (Приложение Г).

8.2 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт (формуляр) средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

8.3 При отрицательных результатах поверки система к дальнейшему применению не допускается. После выявления и устранения причины производится повторная поверка.

Заместитель генерального директора – начальник
НИО-10 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Заместитель начальника НИО-10
ФГУП «ВНИИФТРИ»



Ф.И. Храпов

В.В. Мороз

Приложение А

Таблица А.1 – Состав и метрологические характеристики ИК системы, включающих ПИП и вторичную часть ИК

Характеристики ИК				Состав ИК			
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
1	2	3	4	5	6	7	8
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	Избыточное давление жидкостей						
	1	от 0 до 0,0981 МПа	±1,0 % (γ от ВП) ¹⁾	ЗОНД-10-ИД	±0,1 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9203	±(0,04+ +0,012·ВП/ИВ) %
	1	от 0 до 0,2942 МПа					
	1	от 0 до 0,5884 МПа					
	1	от 0 до 0,9807 МПа					
	2	от 0 до 24,517 МПа					
	Избыточное давление воздуха (газов)						
	3	от 0 до 0,9807 МПа	±0,3 % (γ от ВП)	ЗОНД-10-ИД	±0,1 % (γ от ВП)	АЦП cRIO-9203	±(0,04+ +0,02·ВП/ИВ) %
	3	от 0 до 5,884 МПа					
	Разность давлений воздуха (газов)						
	2	от 0 до 1 кПа	±50 Па ($(\Delta)^2$)	ЗОНД-10-ДД	±0,15 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9203	±(0,04+ +0,02·ВП/ИВ) %
2	от 0 до 25 кПа	±0,3 % (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=12,5 кПа, ±0,3 % (δ) ³⁾ в диапазоне измерений от 12,5 до 25 кПа	± 0,1 % (γ от ВП)				

Продолжение таблицы А.1

Характеристики ИК				Состав ИК				
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК		
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Разность давлений воздуха (газов)								
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	12	от 0 до 5 кПа	±0,2 % (γ от ВП)	СРС	±0,1 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9205	±(0,00215+ +0,004·ВП/ИБ) %	
	4	от 0 до 10 кПа		МРХ2010				
	12	от 0 до 20 кПа		МРХ2050				
Температура жидкостей								
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления	1	от 273 до 473 К (от 0 до 200 °С)	±1,0 % (γ от ВП) ВП=200 °С	ТП-9201	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ) в диапазоне от - 200 до +150 °С, ±1,0 °С (Δ) в диапазоне от 150 до 850 °С	
	1	от 273 до 393 К (от 0 до 120 °С)	±1,0 % (γ от ВП) ВП=120 °С	ТП-9201	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ)	
	Температура воздуха (газов)							
	6	от 223 до 323 К (от - 50 до +50 °С)	±0,3 % (δ)	ТСП-1388	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ) в диапазоне от - 200 до +150 °С, ±1,0 °С (Δ) в диапазоне от 150 до 850 °С	
1	от 273 до 473 К (от 0 до 200 °С)	ТП-9201						

Продолжение таблицы А.1

Характеристики ИК				Состав ИК				
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК		
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Горизонтальная составляющая сила от тяги двигателя (Rx)								
ИК силы от тяги двигателя	1	от 0 до 176,52 кН (от 0 до 18000 кгс)	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=123,56 кН, $\pm 0,5\%$ (δ) в диапазоне измерений от 123,56 до 176,52 кН	Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2-20-С3	Класс точности С3 по ГОСТ Р.726-2010	АЦП NI cRIO-9237	(0,05+ +0,05·ВП/ИВ) %	
	Вертикальная составляющая сила от тяги двигателя (Ry)							
	1	от 0 до 98,067 кН (от 0 до 10000 кгс)	$\pm 0,6\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=68,647 кН, $\pm 0,6\%$ (δ) в диапазоне измерений от 68,647 до 98,067 кН	Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2Н-2-С3	Класс точности С3 по ГОСТ Р.726-2010	АЦП NI cRIO-9237	$\pm(0,05+$ +0,05·ВП/ИВ) %	
Боковая составляющая сила от тяги двигателя (Rz)								
1	от 0 до 49,033 кН (от 0 до 5000 кгс)	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=34,323 кН, $\pm 1,0\%$ (δ) в диапазоне измерений от 34,323 до 49,033 кН	Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2Н-2-С3	Класс точности С3 по ГОСТ Р.726-2010	АЦП NI cRIO-9237	$\pm (0,05+$ +0,05·ВП/ИВ) %		

Продолжение таблицы А.1

Наименование ИК	Характеристики ИК			Состав ИК			
	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
1	2	3	4	5	6	7	8
ИК массового расхода воздуха ⁴⁾	1	от 90 до 140 кг/с	±0,5 % (δ)	ЗОНД-10-ДД	±0,15% (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9203	±(0,04+0,02·ВП/ИВ) %
					±0,1% (γ от ВП)		
				ТСП-1388	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ)
ИК параметров вибрации	6	Виброскорость от 10 до 100 мм/с Диапазон частот от 63 до 250 Гц	±10,0 % (γ от ВП)	СА 280	±5,0 % (γ от ВП)	IPC 704	±0,2% (γ от ВП)
						АЦП NI PXI-4472B	±1,2 % (δ)
	ABC-132			±5,0 % (γ от ВП)	«СВКА 2»	±5,0 % (γ от ВП)	
					АЦП NI PXI-4472B	±1,2 % (δ)	
	АНС-066			±5,0 % (γ от ВП)	«СВКА 2»	±5,0 % (γ от ВП)	
					АЦП NI PXI-4472B	±1,2 % (δ)	
ИК расхода (прокачки) масла	1	от 15 до 70 л/мин	±1,0 % (γ от ВП)	ТПР14	±0,4 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9401	±6·10 ⁻⁶ % (δ)

Продолжение таблицы 2

Наименование ИК	Характеристики ИК			Состав ИК			
	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
1	2	3	4	5	6	7	8
ИК массового расхода топлива	2	от 400 до 45000 кг/ч	$\pm 0,3\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 400 до ВП= 10000 кг/ч, $\pm 0,3\%$ (δ) в диапазоне измерений от 10000 до 45000 кг/ч	OPTIMASS 7000F	$\pm(0,1 + 0,01 \cdot \text{ВП/ИВ})\%$	RS-485. Плата последовательного обмена «Translo A52/53»	$\pm 0,0\%$ (передача измерительной информации в цифровом коде)

1) γ от ВП – приведенная к верхнему пределу (ВП) измерений погрешность;
2) Δ – абсолютная погрешность;
3) δ – относительная от измеряемой величины (ИВ) погрешность. Для ИК температуры воздуха– ИВ в К;
4) ПИП и вторичная часть приведены из состава: ИК давления воздуха; ИК температуры воздуха

Допускается применять ПИП отличающиеся от указанных в таблице 2, но обладающие теми же или лучшими метрологическими характеристиками, внесенными в реестр средств измерений.

Таблица А.2 – Состав и метрологические характеристики ИК системы с входными электрическими сигналами от ПИП

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК ¹⁾
1	2	3	4	5	6
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления (в части измерений силы постоянного тока)	275	от 4 до 20 мА (от – 0,06865 до +34,3233 МПа)	Датчики давления: ЗОНД-10 ADZ	АЦП NI cRIO-9203	±0,1 % (γ от ВП) ²⁾
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры (в части измерений сопротивления постоянному току)	7	от 80 до 200 Ом (от -50 до +263 °С)	Термопреобразователи сопротивления платиновые по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,1 % (γ от ВП)
ИК температуры и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л)	32	от 0,431 до 13,591 мВ (от 573 до 2073 К)	Термоэлектрические преобразователи ТПР(В) по ГОСТ Р 8.585-2001	АЦП NI cRIO-9214	±0,2 % (γ от ВП)
	160	от – 2 до +45,119 мВ (от 220 до 1373 К)	Термоэлектрические преобразователи ТХА(К) по ГОСТ Р 8.585-2001	АЦП NI cRIO-9214	
	144	от – 2 до +53,492 мВ (от 240 до 923 К)	Термоэлектрические преобразователи ТХК(Л) по ГОСТ Р 8.585-2001	АЦП NI cRIO-9214	
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора вентилятора двигателя	1	от 300 до 3500 Гц (от 890 до 10400 об/мин)	Датчик частоты вращения магнитно-индукционный ДЧВ-2500	АЦП NI cRIO-9401	±0,1 % (γ от ВП)

Продолжение таблицы А.2

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК*
1	2	3	4	5	6
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора компрессора двигателя	1	от 300 до 3500 Гц (от 1180 до 13800 об/мин)	Датчик частоты вращения магнитно-индукционный ДЧВ-2500	Цифровой TTL модуль ввода/вывода NI cRIO-9401	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)

¹⁾ Пределы допускаемой основной погрешности ИК приведены в таблице А.2 без учета погрешностей ПИП.

²⁾ γ от ВП – приведенная к верхнему пределу измерений погрешность.

Приложение Б

Методика градуировки при проведении поверки ИК. Порядок обработки результатов поверки

1 Методика градуировки ИК

1.1 Сквозную градуировку ИК или градуировку элементов ИК проводить в следующей последовательности:

- задать с помощью РЭТ на входе ИК или элемента ИК в диапазоне измерений: p контрольных значений (ступеней) входной величины X_k в порядке возрастания от X_o до X_p при прямом ходе; p контрольных значений входной величины X_k в порядке убывания от X_p до X_o при обратном ходе:

$$X_k = X_o + [(X_p - X_o)/p] \cdot k, \quad (\text{Б.1})$$

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

X_o, X_p - нижний и верхний пределы диапазона измерений проверяемых ИК;

- произвести на каждой ступени при прямом и обратном ходе m отсчетов измеряемой величины (значение параметра m определяется частотой опроса ИК и временем измерения). При этом программа градуировки вычисляет значение сигнала на выходе АЦП как среднее значение кода по m отсчетам, зарегистрированным при подаче входного сигнала. Полученное значение сохраняется в файле градуировки;

- повторить l раз указанные циклы градуировки (прямой и обратный ходы). В результате в памяти компьютера запоминаются массивы значений выходной величины y'_{ik} при прямом ходе и y''_{ik} при обратном ходе, где i - номер градуировки, $i = 1, 2, \dots, l$.

П р и м е ч а н и е – Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускается обратные ходы градуировки не проводить.

При проверке принять следующие значения параметров градуировки p, l, m :
 $p \geq 5, l \geq 5, m \geq 10$.

2 Порядок обработки результатов поверки комплектным способом с оценкой МХ ИК в целом (по результатам сквозной градуировки ИК)

2.1 Обработку результатов градуировки проводить по программе «Метрология» согласно алгоритма, изложенного в настоящей методике поверки, руководствуясь документом 521.30.004.001З.

Для определения доверительных границ оценки погрешностей ИК принимается величина доверительной вероятности $P = 0,95$ (по ГОСТ Р 8.736-2011, п.4.4).

2.2 Исключение «грубых промахов»

2.2.1 Предварительная отбраковка «грубых промахов» на этапе многократного опроса наблюдаемой величины для каждой контрольной точки производится следующим образом:

- результаты опроса ранжируются в ряд в порядке возрастания;

- из указанного ряда исключаются 10 % значений от верхней и нижней границ ряда.

2.2.2 Исключение «грубых промахов» на этапе обработки результатов измерений производится с использованием критерия Граббса по ГОСТ Р 8.736-2011 следующим образом:

2.2.2.1 Вычислить для каждой k -той контрольной точки оценки измеряемой величины y'_k при прямом ходе градуировки и y''_k при обратном ходе градуировки по формулам (Б.2):

$$y'_k = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l y'_{ik}, y''_k = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l y''_{ik} \quad (\text{Б.2})$$

2.2.2.2 Вычислить для каждой k -той контрольной точки средние квадратические отклонения S'_k (при прямом ходе) и S''_k (при обратном ходе) по формулам (Б.3):

$$S'_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (y'_{ik} - y'_k)^2}{l-1}}, S''_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (y''_{ik} - y''_k)^2}{l-1}} \quad (Б.3)$$

2.2.2.3 Вычислить для выборки $y'_{1k} \dots y'_{lk}$ значения G_1, G_2 критерия Граббса по формулам (Б.4):

$$G_1 = \frac{|y_{\max} - y'_k|}{S'_k}, G_2 = \frac{|y'_k - y_{\min}|}{S'_k} \quad (Б.4)$$

где y_{\max}, y_{\min} – соответственно максимальный и минимальный элементы в выборке $y'_{1k} \dots y'_{lk}$.

2.2.2.4 Сравнить значения G_1, G_2 с теоретическим значением G_T критерия, указанным в приложении А ГОСТ Р 8.736-2011:

– если $G_1 > G_T$, то элемент y_{\max} исключить из выборки как маловероятное значение;

– если $G_2 > G_T$, то элемент y_{\min} исключить из выборки как маловероятное значение.

2.2.2.5 Повторить процедуру исключения «грубых промахов» по п.п. 2.2.2.1 - 2.2.2.4 для оставшихся элементов, если в выборке $y'_{1k} \dots y'_{lk}$ был исключен один элемент.

2.2.2.6 Выполнить проверку по выборке $y''_{1k} \dots y''_{lk}$ аналогично п.п. 2.2.2.1 - 2.2.2.5.

П р и м е ч а н и е – Допускается проводить отбраковку «грубых промахов» на стадии просмотра оператором результатов наблюдений при проведении градуировки в случае, когда факт появления «грубого промаха» установлен достоверно. При этом производится повторное измерение в заданной контрольной точке с регистрацией результата наблюдений.

2.3 Определение индивидуальной функции преобразования ИК

Индивидуальную функцию преобразования ИК системы определять по результатам градуировки в виде обратной функции, т.е. как зависимость значений величины x на входе ИК от значений y на его выходе.

Если нелинейность функции такова, что с достаточной точностью можно ограничиться аппроксимирующим полиномом не выше 4-той степени, то эту функцию представляют в виде степенного полинома (формула Б.5). В противном случае функцию представляют кусочно-линейной зависимостью (формула Б.6).

$$x = a_0 + a_1 y + \dots + a_n y^n, \quad (Б.5)$$

$$x = x_k + q_{sfk} \cdot (y - y_k), \quad (Б.6)$$

где a_0, a_1, \dots, a_n – коэффициенты аппроксимирующего полинома, 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} определить по формулам (Б.7) и (Б.8):

$$y_k = \sum_{i=1}^l (y'_{ik} + y''_{ik}) / 2 \cdot l, \quad (Б.7)$$

$$q_{sfk} = \frac{x_{k+1} - x_k}{y_{k+1} - y_k} \quad (Б.8)$$

2.4 Определение характеристик погрешностей ИК

2.4.1 Определение характеристик абсолютной погрешности ИК при комплектном способе поверки (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по результатам сквозной градуировки ИК

2.4.1.1 Определить доверительные границы неисключенной систематической составляющей абсолютной погрешности (НСП) ИК (кроме ИК силы от тяги) по формуле (Б.9):

$$\tilde{\Delta}_{osk} = \tilde{\Delta}_{oska} + \Delta_{PЭТ}, \quad (Б.9)$$

где $\Delta_{PЭТ}$ – погрешность РЭТ;

$\tilde{\Delta}_{oska}$ – доверительные границы абсолютной НСП ИК, обусловленной погрешностью аппроксимации.

При задании индивидуальной функции преобразования в виде степенного полинома (Б.1) значение $\tilde{\Delta}_{oska}$ вычисляется по формуле (Б.10):

$$\tilde{\Delta}_{oska} = |(a_0 + a_1 y_k + \dots + a_n y_k^n) - x_k|. \quad (Б.10)$$

При задании индивидуальной функции преобразования в виде кусочно-линейной зависимости (Б.6) погрешность $\tilde{\Delta}_{oska} = 0$.

Примечание - В формулах (Б.9), (Б.10) и далее по тексту оценки доверительных границ погрешностей приведены без учета знака.

2.4.1.2 Определить доверительные границы НСП ИК силы от тяги при $P=0,95$ по формуле (Б.11):

$$\tilde{\Delta}_{osk} = |R_{СГУк} - R_{ПГУк}| + \Delta_{PЭТ}, \quad (Б.11)$$

где

$R_{СГУк}$ - среднее значение измеренной силы ИК СИС стенда при прямом ходе градуировки с помощью СГУ на каждой k -той контрольной точке;

$R_{ПГУк}$ - среднее значение измеренной силы ИК СИС стенда при прямом ходе градуировки с помощью ПГУ на каждой k -той контрольной точке.

2.4.1.3 Определить доверительные границы случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой k -той контрольной точке при $P = 0,95$ по формуле (Б.12):

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

где τ - коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности P и числа степеней свободы $2l - 1$. Таблица значений τ при $P = 0,95$ приведена в Приложении Б;

$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}$ - среднее квадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой k -той контрольной точке, определяемое по формуле (Б.13):

$$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (x'_{ik} - x''_{ik})^2 + \sum_{i=1}^l (x''_{ik} - x'_k)^2}{2l - 1}}, \quad (Б.13)$$

где x'_{ik}, x''_{ik} - приведенные по входу значения результатов наблюдений на каждой k -той контрольной точке и 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, определяются по формулам (Б.14);

$$x'_k = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x'_{ik}, \quad (Б.14)$$

$$x''_k = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x''_{ik},$$

$\tilde{H}_{ок}$ - абсолютное значение вариации, определяется по формуле (Б.15):

$$\tilde{H}_{ок} = |x'_k - x''_k| . \quad (Б.15)$$

2.4.1.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК на каждой k -той контрольной точке при $P = 0,95$ по формулам (Б.16):

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{оск} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8 , \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0,8 , \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \left(\sqrt{\frac{\tilde{\Delta}_{оск}^2}{3} + \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}} \right) \cdot \frac{\tilde{\Delta}_{оск} + \tilde{\Delta}_{ок}}{\tilde{\Delta}_{оск} / \sqrt{3} + \tilde{\sigma}_{\tilde{\Delta}_{ок}}} && \text{при } 8 > (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) > 0,8 . \end{aligned} \quad (Б.16)$$

2.4.1.5 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК при $P=0,95$ по формуле (Б.17):

$$\Delta = \max(\tilde{\Delta}_{окабс}) . \quad (Б.17)$$

2.4.2 Определение характеристик погрешности ИК при поэлементной поверке с оценкой МХ ИК по МХ элементов системы.

2.4.2.1 Определить пределы абсолютной погрешности ИК давления воздуха (газов) и жидкостей по формуле (Б.18):

$$\Delta_D = ВП_{ДД} \cdot (\gamma P_{ДД} + \gamma I_{АЦП}) / 100, \quad (\text{кПа, МПа, кгс/см}^2, \text{ мм вод. ст.}), \quad (Б.18)$$

где

$ВП_{ДД}$ – верхний предел измерений преобразователя давления, (кПа, МПа, кгс/см², мм вод. ст.);

$\gamma P_{ДД}$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений преобразователя давления, %;

$\gamma I_{АЦП}$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока АЦП, %.

2.4.2.2 Определить пределы абсолютной погрешности измерений ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления (ТСП) по формуле (Б.19):

$$\Delta_T = \Delta T_{ТСП} + \Delta T_{АЦП}, \quad K (^\circ C), \quad (Б.19)$$

где $\Delta T_{ТСП}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности ПИП (ТСП-1388, ТП-9201) по ГОСТ 6651-2009, К (°С);

$\Delta T_{АЦП}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, обусловленной погрешностью АЦП, К (°С):

2.4.2.3 Определить пределы абсолютной погрешности измерений массового расхода воздуха по формуле (Б.20):

$$\tilde{\Delta} = 1,1 \cdot G_v \cdot \left[W^2(\mu) \cdot (\Delta(\mu) / \mu)^2 + W^2(d_M) \cdot (\Delta(d_M) / d_M)^2 + W^2(T_o) \cdot (\Delta(T_o) / T_o)^2 + W^2(\Delta P) \cdot (\Delta(\Delta P) / \Delta P)^2 + W^2(P_K) \cdot (\Delta(P_K) / P_K)^2 + W^2(\Delta P_o) \cdot (\Delta(\Delta P_o) / \Delta P_o)^2 \right]^{0,5} \quad (Б.20)$$

где

G_v – измеренное значение массового расхода воздуха;

$\Delta(\zeta_j)$ - абсолютная погрешность результата измерений параметра ζ_j ;

$\Delta(\zeta_j)/\zeta_j$ – относительная погрешность результата измерений параметра ζ_j ;

$$W(\zeta_j) = \frac{\zeta_j \cdot \partial G}{G \partial \zeta_j} \text{ - относительные коэффициенты влияния аргумента } \zeta_j \text{ на погрешность}$$

измерений расхода воздуха.

Обозначения аргументов ζ_j :

μ - коэффициент расхода воздуха РМК;

F_M - площадь сечения мерного участка РМК;

P_K - давление базовое опорное (или атмосферное = P_H);

ΔP - перепад между полным давлением на входе РМК и статическим давлением в мерном сечении;

ΔP_0 - перепад между атмосферным и полным давлением на входе РМК;

T_0 - осредненная температура воздуха на входе в РМК.

Примечание. В формулу (23) не включена составляющая, обусловленная погрешностью измерений влажности воздуха, вследствие ее незначительности (<0,1 %).

Значения коэффициентов влияния $W(\zeta_i)$ определяются (с учетом поправки на влияние диаметров отверстий ~1 мм приемников статического давления) по формулам (Б.21):

$$W(\mu) = 1$$

$$W(F_M) = 1$$

$$W(T_0) = -\frac{1}{2}$$

$$W(P_K) = \frac{P_K}{\Delta P} (\pi - 1) (W(\Delta P) - 1) \quad (\text{Б.21})$$

$$W(\Delta P_0) = -\frac{\Delta P_0}{\Delta P} \cdot (\pi - 1) (W(\Delta P) - 1)$$

$$W(\Delta P) = \frac{D}{\kappa \pi} \left(1 + \frac{1 - \kappa}{2} \cdot \frac{1}{\pi^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} - 1} \right)$$

$$\pi = \frac{0,995(P_K - \Delta P_0) - 1,009\Delta P}{0,995(P_K - \Delta P_0) - 0,009\Delta P}$$

$$D = \frac{(\pi - 1)(1,009 - 0,009\pi)}{0,986 + 0,009\pi}$$

Если пренебречь влиянием диаметров отверстий приемников статического давления, то выражения π и коэффициента D будут следующими:

$$\pi = 1 - \frac{\Delta P}{P_K - \Delta P_0}, \quad (\text{Б.22})$$

$$D = \pi - 1$$

Погрешность $\Delta(P_K)/P_K$ определяется по паспорту на барометр БРС-1М.

Значения погрешностей $\Delta(T_0)/T_0$, $\Delta(\Delta P)/\Delta P$, $\Delta(\Delta P_0)/\Delta P_0$ определяются по результатам поверки ИК температуры и давления воздуха.

2.4.2.4 Определить пределы абсолютной погрешности ИК расхода (прокачки) масла по формуле (Б.23):

$$\tilde{\Delta}_o = G_m \cdot ((\Delta(F)/F) + (\Delta(Q)/Q)), \text{ л/мин} \quad (\text{Б.23})$$

где: G_m – измеренное значение расхода (прокачки) масла, л/мин;

$\Delta(Q)/Q$ – значение относительной погрешности ПИП (турбинный преобразователь расхода ТПР12);

$\Delta(F)/F$ – значение относительной погрешности ИК без ПИП.

2.4.2.5 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК параметров вибрации по формуле (Б.24):

$$\tilde{\Delta}_{III} = 1,1 \cdot \sqrt{\tilde{\Delta}_a^2 + \tilde{\Delta}_f^2 + \Delta_{II}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{рэт}^2}, \text{ мм/с}, \quad (\text{Б.24})$$

где $\tilde{\Delta}_a$ – абсолютная погрешность измерений параметров вибрации из-за нелинейности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), мм/с;

$\tilde{\Delta}_f$ – абсолютная погрешность измерений параметров вибрации из-за неравномерности АЧХ, мм/с;

Δ_{II} – дополнительная абсолютная погрешность вибропреобразователя, обусловленная его поперечной чувствительностью, мм/с. $\Delta_{II} = \Delta_{II \text{ пасп}} / 2$, где $\Delta_{II \text{ пасп}}$ – паспортное значение погрешности вибропреобразователя, обусловленной его поперечной чувствительностью;

Δ_t – дополнительная абсолютная погрешность вибропреобразователя, обусловленная влиянием температуры на его коэффициент преобразования, мм/с:

$$\Delta_t = \frac{\Delta_{III}}{T} \Delta T, \quad (\text{Б.25})$$

где Δ_{III} – паспортное значение изменения коэффициента преобразования ПИП в заданном диапазоне температур T , мм/с;

ΔT – максимальное изменение температуры корпуса вибропреобразователя при стендовых испытаниях ГТД (ΔT определяется экспериментально), °С;

$\Delta_{рэт}$ – абсолютная погрешность РЭТ вибрации, мм/с.

2.4.3 Определить значения относительной погрешности ИК по формуле (Б.26):

$$\delta = \frac{\Delta}{IB} \cdot 100, \% \quad . \quad (\text{Б.26})$$

2.4.4 Определить значения приведенной к ВП погрешности ИК по формуле (Б.27):

$$\gamma = \frac{\Delta}{ВП} \cdot 100, \% \quad . \quad (\text{Б.27})$$

2.4.5 Определить значения приведенной к НЗ погрешности ИК по формуле (28):

$$\gamma^* = \frac{\Delta}{НЗ} \cdot 100, \% \quad . \quad (\text{Б.28})$$

Приложение В
(справочное)

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

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

Приложение Г
(рекомендуемое)

Протокол № ПР СИ-1/ГТД-30
определения погрешностей и диапазонов измерений измерительного канала (ИК)
информационно-измерительной системы (ИИС) СИ-1/ГТД-30 № 001 стенда Т-4
ЛМЗ филиал ПАО «ОДК-УМПО»

1 Дата поверки

.....

2 Средства поверки

.....

3 Условия поверки

Температура окружающего воздуха, °С.....

Атмосферное давление, мм рт. ст.

Влажность, %

4 Документ, в соответствии с которым проводилась поверка

«Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Методика поверки 521.30.004.00 МП».

.....

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Внешний осмотр

.....

5.2 Результаты опробования

.....

5.3 Результаты метрологических исследований

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

Результаты метрологических исследований системы измерительной СИ-1/ГТД-30 представлены в таблицах 1, 2.

Расчет суммарной погрешности проводится по формулам методики поверки «Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Методика поверки 521.30.004.00 МП».

Таблица 1 – Результаты метрологических исследований ИК системы, включающих ПИП и вторичную часть ИК

Наименование ИК	Обозначение параметра	Диапазон измерений	Тип ПИП зав. №,	Диапазон измерений ПИП	Относительная погрешность ПИП	Относительная погрешность ИК (без ПИП)	Значение суммарной относительной погрешности ИК	Пределы допускаемой погрешности ИК

Таблица 2 – Результаты метрологических исследований ИК системы с входными электрическими сигналами от устройств изделия и ПИП

Наименование ИК	Обозначение параметра	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Значение суммарной погрешности ИК	Пределы допускаемой погрешности ИК

6 Выводы

.....

7 Заключение

.....

Поверитель

 подпись

(_____)
 ФИО

Главный метролог ЛМЗ филиала ПАО «ОДК-УМПО»

 подпись

(_____)
 ФИО

Приложение Д
(справочное)

Перечень эксплуатационных и нормативных документов

Обозначение	Наименование
ГОСТ 8.009-84 ГСИ	Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ	Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения
ГОСТ 6651-2009 ГСИ	Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний
ГОСТ 8.461-2009 ГСИ	Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки
ГОСТ Р 8.669-2009 ГСИ	Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихревыми вибропреобразователями. Методика поверки
МП РТ 1720-2012 ГСИ	Расходомеры-счетчики массовые OPTIMASS. Методика поверки.
МИ 2083-90	Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей
РМГ 51-2002 ГСИ	Документы на методики поверки средств измерений
ОСТ 1 01021-93	Стенды для испытаний авиационных ГТД в наземных условиях Общие технические требования
ОСТ 1 02716-91	Системы силоизмерительные многокомпонентные испытательных стендов авиационных ГТ Д. Общие требования
ОСТ 1 02677-89	Силоизмерительные системы испытательных стендов авиационных газотурбинных двигателей. Общие требования к поверочным и стендовым градуировочным устройствам
ОСТ 1 02512-84	Системы силоизмерительные испытательных двигателей авиационных ГТД. Общие требования
ОСТ 1 02583-86	Силоизмерительные системы испытательных стендов. Программа метрологической аттестации
ОСТ 1 02555-85	Система измерения расхода воздуха с коллектором на входе авиационных газотурбинных двигателей при стендовых испытаниях. Общие требования
ГОСТ 22261-94	Средства измерений электрических и магнитных величин Общие технические условия
521.30.004.00 РЭ	Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Руководство по эксплуатации
521.30.004.00 ФО	Система измерительная СИ-1/ГТД-30 Формуляр
ЭИО-21ИН-251	Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Руководство пользователя (оператора)