

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель генерального
директора-заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

08

2019 г.

Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33

Методика поверки

279.01.86.000 МП

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	4
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	5
3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ	6
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	6
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 метрологических характеристик	8
7.4 Идентификация ПО	16
8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	16
Приложение А	17
Приложение Б	24
Приложение В	32
Приложение Г	33
Приложение Д	37

ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ГТД – газотурбинный двигатель;
- МП – методика поверки;
- ИК – измерительный канал;
- МХ – метрологические характеристики;
- ГДФ – газодинамическая функция;
- НСХ – номинальная статическая характеристика;
- НСП – неисключенная систематическая погрешность;
- ВП – верхний предел измерений;
- ИВ – измеренная величина;
- НЗ – нормированное значение;
- РМК – расходомерный коллектор;
- ПИП – первичный измерительный преобразователь;
- ТСП – термопреобразователь сопротивления платиновый;
- ТСМ – термопреобразователь сопротивления медный;
- РЭ – руководство по эксплуатации;
- РЭТ – рабочий эталон;
- СИ – средство измерений;
- СИС – силоизмерительная система;
- СГУ – стендовое градуировочное устройство;
- ПГУ – поверочное градуировочное устройство;
- LTR – установка измерительная LTR-EU-16-1;
- ДМП – динамометрическая платформа;
- R_{макс} – максимальное значение силы от тяги;
- Рег. № – регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений
- γ – приведенная погрешность измерений;
- Δ – абсолютная погрешность измерений;
- δ – относительная погрешность измерений;
- ПО – программное обеспечение

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая МП распространяется на системы измерительные СИ-1/ГТД-РД-33, зав. №№ 001, 002, 003 (далее – системы), изготовленные обществом с ограниченной ответственностью «Энергомир» (ООО «Энергомир»), г. Уфа, и устанавливает порядок и объем первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Поверка ИК систем 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 систем 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 ¹⁾ , соответствующей значениям давления	7.3.1	+	+
3.2 Определение погрешностей измерений температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления ^{1),2)} , и сопротивления постоянному току ¹⁾ , соответствующего значениям температуры	7.3.2	+	+
3.3 Определение погрешностей измерений температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТХА(К) ^{1),2)} , и напряжения постоянного тока ¹⁾ , соответствующего значениям температуры	7.3.3	+	+
3.4 Определение погрешности измерений силы от тяги ¹⁾	7.3.4	+	+
3.5 Определение погрешности измерений массового расхода воздуха	7.3.5	+	+
3.6 Определение погрешности измерений массового расхода топлива	7.3.6	+	+

Продолжение таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
3.7 Определение погрешностей измерений параметров вибрации ²⁾	7.3.7	+	+
3.8 Определение погрешностей измерений напряжения и силы переменного тока ²⁾	7.3.8	+	+
3.9 Определение погрешностей измерений частоты электрических сигналов, соответствующей частоте вращения роторов двигателя ¹⁾	7.3.9		
3.10 Определение погрешностей измерений объемного расхода жидкости (топлива, гидро-смеси) ²⁾	7.3.10		
4 Идентификация ПО	7.4	+	+
¹⁾ Поверка осуществляется комплектным способом ²⁾ Поверка осуществляется поэлементным способом			

1.3 Не допускается проведение поверки отдельных ИК или отдельных автономных блоков или меньшего числа измерительных величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.4 В случае получения отрицательных результатов поверки по любому пункту таблицы 1 система бракуется и к дальнейшей эксплуатации не допускается.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 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, 7.3.5	Эталон единицы давления 1 разряда в диапазоне значений (-1...200) кгс/см ² (рег. № 3.2.ВВУ.0003.2014)
7.3.2, 7.3.5	Эталон единицы температуры рабочего средства измерения в диапазоне значений (-30...110) °С (рег. № 3.2.ВВУ.0275.2018)
7.3.2, 7.3.3	Эталон единицы температуры рабочего средства измерения в диапазоне значений (50...650) °С (рег. № 3.2.ВВУ.0277.2018)
7.3.3	Эталон единицы температуры рабочего средства измерения в диапазоне значений (300...1100) °С (рег. № 3.2.ВВУ.0278.2018)
7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.5, 7.3.7, 7.3.8	Эталон единицы силы постоянного электрического тока в режиме воспроизведения 1 разряда в диапазоне значений (0...24) мА; единицы напряжения постоянного электрического тока в режиме воспроизведения 3 разряда в диапазоне значений (минус 0,01...12) В; единицы электрического сопротивления в режиме воспроизведения 3 разряда в диапазоне значений (1·10 ⁻⁴ ...2000) Ом (рег. № 3.2.ВВУ.0173.2018)

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	Эталон единицы силы 2 разряда. Устройство тензометрическое весоизмерительное электронное ТВЭУ-15-1: верхний предел измерений 15000 кгс; пределы абсолютной допускаемой погрешности ± 15 кгс (рег. № 3.2.ВВУ.0307.2019)
7.3.4	Эталон единицы массы 3 разряда в диапазоне значений (10...20) кг (рег. № 3.2.ВВУ.0051.2015)
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
7.3.4	Стендовое градуировочное устройство по ОСТ 1 02677-89
	Поверочное градуировочное устройство по ОСТ 1 02677-89
	Гиря класса точности F2 по ГОСТ OIMLR111-1-2009)
7.3.1-7.3.8	Барометр рабочий сетевой БРС-1М: диапазон измерений абсолютного давления от 5 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,33$ гПа
7.3.1-7.3.8	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7: диапазон измерений влажности от 10 до 98 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений 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 средств поверки допускается применять другие аналогичные эталоны, 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 систем, 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 систем необходимо соблюдать:

- правила безопасности, действующие на предприятии-эксплуатанте систем, ГОСТ 12.1.019-2009, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.004-91, а также "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей", введенные приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г., и "Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок" ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, утвержденные Министерством энергетики 27.12.2000 г. и Министерством труда и социального развития РФ 05.01.2001 г.;

- общие правила выполнения работ в соответствии с эксплуатационной документацией по требованиям безопасности изготовителя.

4.2 К работе по выполнению поверки систем допускаются лица не моложе 18 лет, ознакомленные с эксплуатационной документацией на системы 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 50 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, Гц от 49,6 до 50,4.

П р и м е ч а н и е – При проведении поверочных работ рабочие условия применения 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 систем;

- 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 систем;

- 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 систем 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 систем следующим требованиям:

- комплектность систем должна соответствовать формуляру 279.01.86.000 ФО (система № 001), 279.01.89.000 ФО (система № 002), 279.01.90.000 ФО (система № 003);

- маркировка согласно 279.01.86.000 РЭ;

- наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам);

- герметичность линий измерения давлений.

7.1.2 СИ, входящие в состав систем, не должны иметь внешних повреждений, которые могут влиять на работу систем, при этом должно быть обеспечено: надежное крепление соединителей и разъемов, отсутствие нарушений экранировки кабелей, качественное заземление;

7.1.3 СИС должна удовлетворять требованиям ОСТ 1 02512-84, ОСТ 1 02583-86. СИРВ должна удовлетворять требованиям ОСТ 1 02555-85.

7.1.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеприведенные требования.

7.2 Опробование

7.2.1 Перед началом работ проверить оборудование и включить систему, руководствуясь документом 279.01.86.000 РЭ.

7.2.2 При опробовании проверить правильность функционирования ИК систем.

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.

7.2.3 Результаты опробования считать положительными, если измеренные значения физической величины совпадают с заданными эталонными значениями в пределах допустимой погрешности измерений ИК систем. 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 279.01.86.000 ИЗ.

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, Метран-150, МИДА-15, ЗОНД-10ДД, СДВ) от измерительной пневмомагистрали испытательного стенда и соединить его с РЭТ давления (рег. № 3.2.ВВУ.0003.2014). Схемы подключения РЭТ приведены на рисунках 1 и 2;

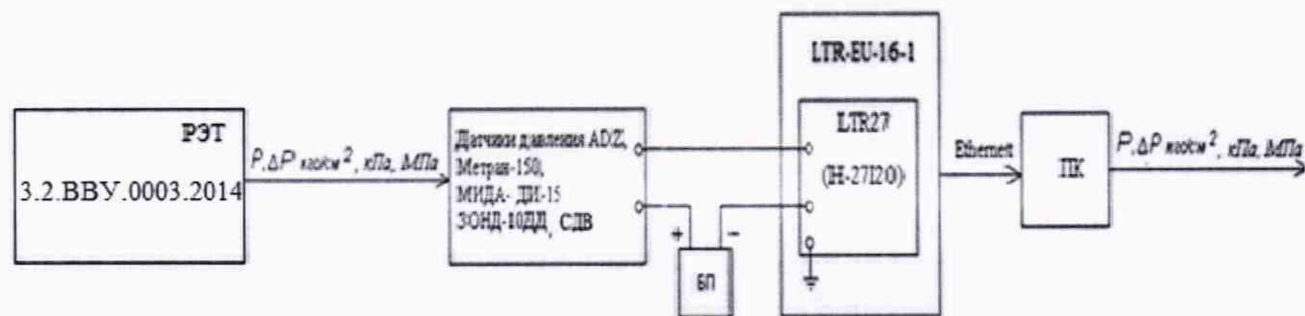


Рисунок 1

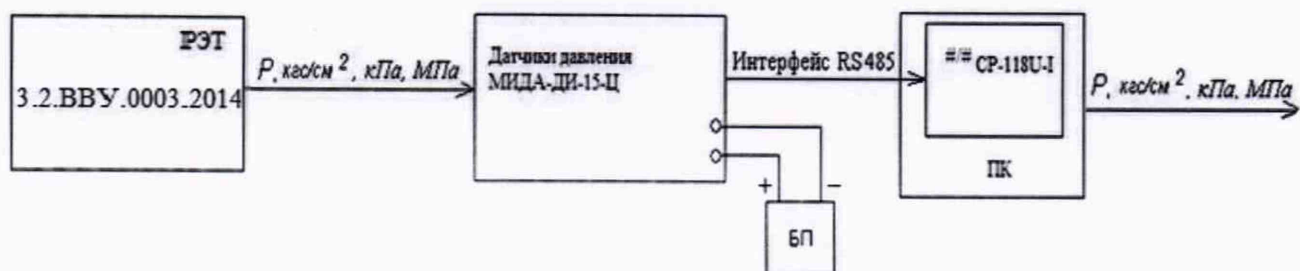


Рисунок 2

- 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 (с помощью РЭТ, рег. № 3.2.ВВУ.0173.2018) в аккредитованной на право поверки организации поверку ПИП (ADZ, Метран-150, МИДА-15, ЗОНД-10ДД) по утвержденным методикам поверки;

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27I20) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;

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

7.3.1.2 Погрешности измерений силы постоянного тока, соответствующей значениям давления, определить по результатам поверки в аккредитованной на право поверки организации LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27I20) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП.

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 таблицах А.1, 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, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры

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

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

- подключить РЭТ (рег. № 3.2.ВВУ.0275.2018, рег. № 3.2.ВВУ.0277.2018) к ИК температуры. Схема подключения РЭТ, приведена на рисунке 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.

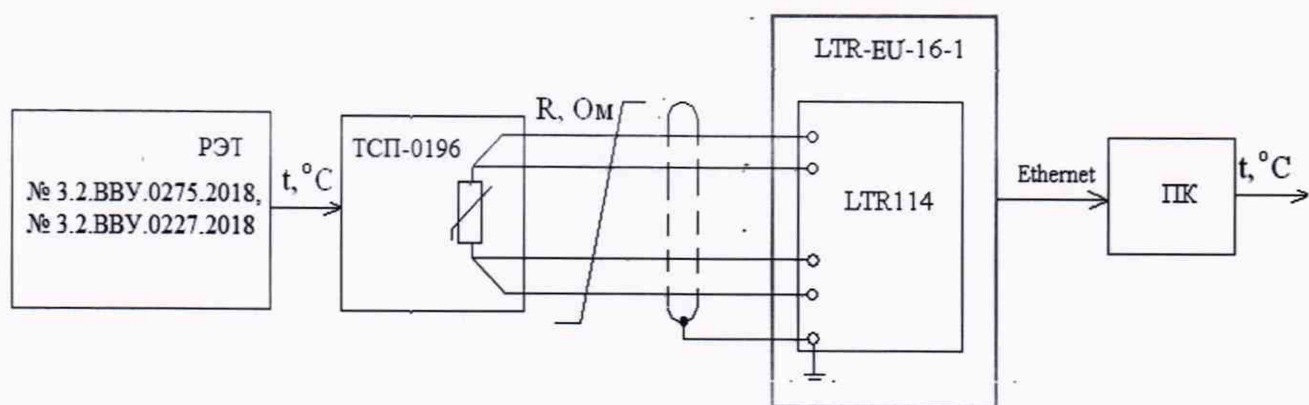


Рисунок 3

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

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку термопреобразователей сопротивления ТСП-0196 по методике поверки ГОСТ 8.461-2009;
- провести (с помощью РЭТ, рег. № 3.2.BBY.0173.2018) в аккредитованной на право поверки организации поверку LTR (модуль измерительный LTR114) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;
- оценить МХ ИК температуры в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.2.2 Погрешности измерений сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, измеряемой термопреобразователями сопротивления, определить по результатам поверки в аккредитованной на право поверки организации LTR (модуль измерительный LTR114) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП.

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

7.3.3 Определение погрешностей измерений температуры воздуха (газов) термоэлектрическими преобразователями ТХА(К) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры.

7.3.3.1 Погрешности измерений температуры воздуха (газов) термоэлектрическими преобразователями ТХА(К), определить одним из следующих способов:

- комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:
 - подключить РЭТ (рег. № 3.2.BBY.0277.2018, рег. № 3.2.BBY.0278.2018) к ИК температуры. Схема подключения РЭТ показана на рисунке 4;

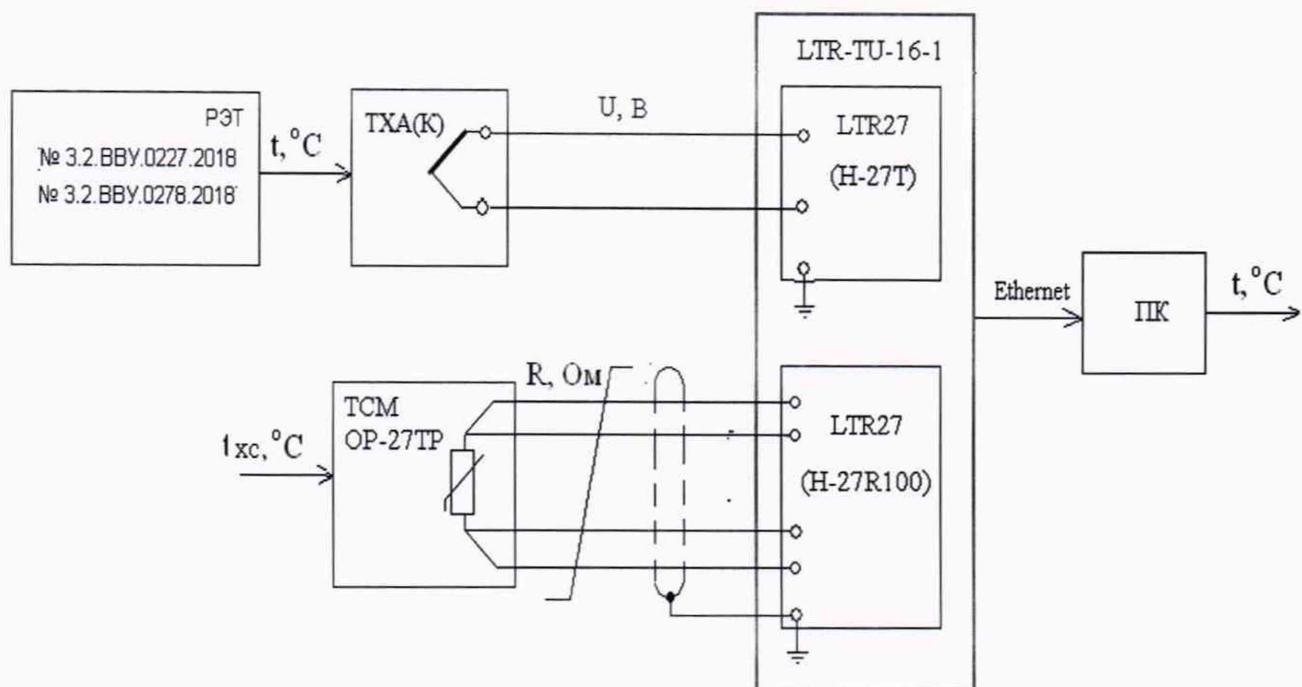


Рисунок 4

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

- провести поверку термоэлектрических преобразователей ТХА(К) по методике поверки ГОСТ 8.338-2002;

- провести (с помощью РЭТ, рег. № 3.2.ВВУ.0173.2018) в аккредитованной на право поверки организации поверку модуля измерительного LTR27 с преобразователем Н-27Т в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;

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

7.3.3.2 Погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К), определить по результатам поверки модуля измерительного LTR27 с преобразователем Н-27Т в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП.

7.3.3.3 Результаты поверки ИК температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К), и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, считать положительными, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах, указанных в таблицах А.1 и А.2 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.4 Определение погрешности измерений силы от тяги

Погрешность измерений силы от тяги определить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 5 в следующей последовательности.

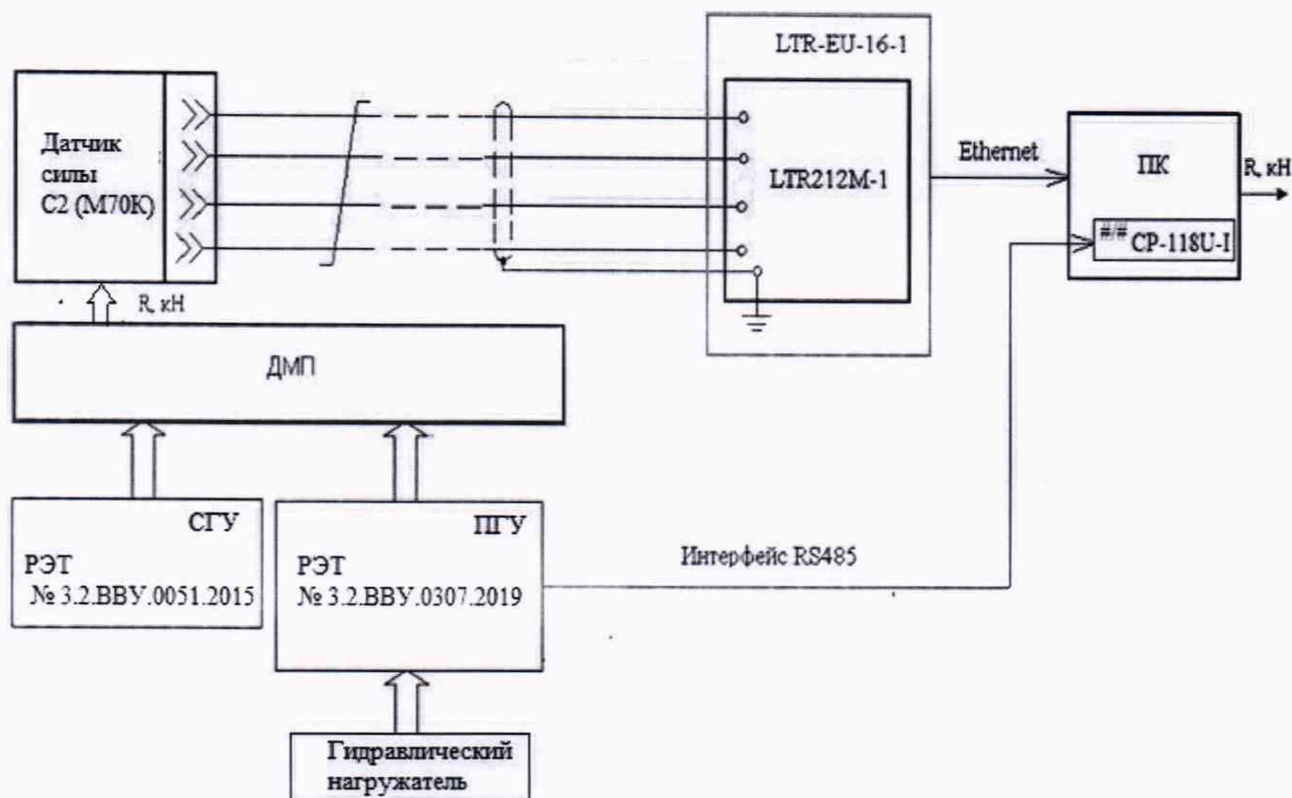


Рисунок 5

7.3.4.1 Определить порог реагирования ИК силы от тяги:

1) приложить к ДМП при помощи СГУ (РЭТ, рег. №3.2.ВВУ.0051.2015) силу $R_x = 0,1 R_{\text{макс}}$;

2) положить на грузоприёмное устройство СГУ плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь (класс точности F2 по ГОСТ OIMLR111-1-2009), при котором появляется реагирование показаний силы на экране монитора;

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 ещё 4 раза;

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

6) выполнить операции по п. 7.3.4.1.2) - 7.3.4.1.4).

7.3.4.2 Определить с помощью СГУ (РЭТ, рег. № 3.2.ВВУ.0051.2015) 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 7.3.4.2.4) ещё девять раз.

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.

7.3.4.3 Определить систематическую составляющую погрешности ИК силы от тяги путем сличения показаний ИК, полученных при 10-ти кратной градуировке с помощью СГУ, с показаниями, полученными при 5-ти кратной градуировке с помощью ПГУ (РЭТ, рег. № 3.2.ВВУ.0307.2015).

Для проведения 5-ти кратной градуировки ИК силы от тяги с помощью ПГУ необходимо выполнить следующие операции:

- 1) замкнуть силовую цепь ПГУ;
- 2) нагрузить СИС гидравлическим нагрузителем силой равной R_{\max} и выдержать под нагрузкой не менее 3-х минут;
- 3) разгрузить СИС до 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 СИС. Если результат сравнения нулевых показаний СИС не превышает 0,1 % от R_{\max} , то можно приступить к градуировке СИС с помощью ПГУ. В противном случае необходимо выявить и устранить причину, после чего повторить операции по п.п. 7.3.4.3.1), 7.3.4.3.5);
- 6) замкнуть силовую цепь ПГУ;
- 7) нагрузить СИС гидравлическим нагрузителем силой равной R_{\max} и выдержать под нагрузкой не менее 3-х минут;
- 8) разгрузить СИС до нагрузки 0 кгс;
- 9) задать гидравлическим нагрузителем последовательность контрольных значений силы, начиная от первой контрольной точки до R_{\max} (равных значениям силы, заданных в п. 7.3.4.2.4) и, останавливаясь на каждой контрольной точке не менее чем на 15 секунд, зарегистрировать показания ИК;
- 10) после достижения нагрузки на СИС значения R_{\max} произвести плавную, со скоростью не более 3 % от R_{\max} за 1 с, разгрузку СИС до 0 кгс;
- 11) повторить операции 7.3.4.3.9, 7.3.4.3.10 еще четыре раза;
- 12) разомкнуть силовую цепь ПГУ и записать в протокол нулевые показания СИС, время окончания градуировки и температуру окружающего воздуха в боксе;
- 13) сравнить показания ИК, полученные по п.п. 7.3.4.3.9, 7.3.5.3.10 с показаниями ИК, полученными по п. 7.3.4.2.4, 7.3.4.2.5;
- 14) после предварительного анализа полученных результатов градуировки СИС демонтировать силоизмерительную цепь РЭТ.

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

- РЭТПГУ 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 $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

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

7.3.4.5 Результаты поверки ИК силы от тяги считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах $\pm 0,5\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до 61,3 кН и $\pm 0,5\%$ (δ) в диапазоне измерений от 61,3 до 122,6 кН, а величина порога реагирования не превышает 0,02 % от $R_{\text{макс}}=122,6$ кН. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.5 Определение погрешности измерений массового расхода воздуха

7.3.5.1 Определение погрешности измерений 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 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 требования ОСТ 1 02555-85;

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

7.3.5.2 Результаты поверки ИК расхода воздуха считать положительными, если значения погрешностей находятся в пределах $\pm 0,7\%$ от ИВ в диапазоне измерений от 20 до 100 кг/с. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.6 Определение погрешности измерений массового расхода топлива

7.3.6.1 Определение погрешностей измерений массового расхода топлива осуществляется по результатам поверки в аккредитованной на право поверки организации счетчика-расходомера Micro-Motion модели CMF по методике «Счетчики-расходомеры массовые Micro-Motion фирмы Fisher Rosemount», утвержденной руководителем ФГУП ВНИИМС 20 декабря 1999 г.

7.3.6.2 Результаты поверки ИК массового расхода топлива считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах $\pm 0,5\%$ от ИВ в диапазоне от 200 до 20000 кг/ч.

7.3.7 Определение погрешностей измерений параметров вибрации

7.3.7.1 Погрешности измерений параметров вибрации определить поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку виброаппаратуры ИВ-Д-СФ-3М в соответствии с документом ЖЯИУ.421431.003 МП «Аппаратура измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М. Методика поверки»;

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку LTR (модуль измерительный LTR114) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;

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

7.3.7.2 Результаты поверки ИК параметров вибрации считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах $\pm 12\%$ от ВП в диапазоне измерений виброскорости от 5 до 100 мм/с (диапазон частот от 60 до 270 Гц). В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.8 Определение погрешности измерений силы и напряжения переменного тока

7.3.8.1 Погрешности измерений силы переменного тока определить поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку трансформатора тока ТФ1 по методике поверки ГОСТ 8.217-2003;
- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку преобразователя сигналов НПСИ-ДНТВ по документу «Преобразователи сигналов серии НПСИ. Методика поверки», утвержденному руководителем ФБУ «Нижегородский ЦСМ» 06 апреля 2015 г.;
- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27I20) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.8.2 Результаты поверки ИК силы переменного тока, считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах $\pm 1,0$ % от ВП в диапазоне измерений от 0 до 150 А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.8.3 Погрешности измерений напряжения переменного тока определить поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку преобразователя сигналов НПСИ-ДНТВ по документу «Преобразователи сигналов серии НПСИ. Методика поверки»;
- провести поверку LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27I20) в аккредитованной на право поверки организации в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.8.4 Результаты поверки ИК напряжения переменного тока, считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах $\pm 1,0$ % от ВП в диапазоне измерений от 0 до 150 В. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.9 Определение погрешностей измерений частоты электрических сигналов, соответствующей частоте вращения роторов двигателя

Определение погрешностей измерений частоты электрических сигналов, соответствующей частоте вращения роторов двигателя, осуществляется по результатам поверки LTR (модуль измерительный LTR51 (с преобразователем Н-51FL)) в аккредитованной на право поверки организации в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП.

Результаты поверки ИК частоты электрических сигналов, соответствующей частоте вращения роторов двигателя, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах $\pm 0,1$ % от ВП, в диапазонах измерений, указанных в таблице А.2 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.10 Определение погрешностей измерений объемного расхода жидкостей

7.3.10.1 Погрешности измерений объемного расхода жидкостей 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 (ТПР) в соответствии с документом ЛГФИ.407221.004 МИ «Методы и средства поверки преобразователей», утвержденной 32 ГНИИ МО РФ в 2003 г.;

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку LTR (модуль измерительный LTR51 (с преобразователем Н-51FL)) в соответствии с документом ДЛИЖ.301422.0010 МП;

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

7.3.10.2 Результаты поверки ИК объемного расхода жидкостей считать положительными, если значения погрешностей ИК в заданных диапазонах измерений находятся в пределах, указанных в таблице А.1 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.4 Идентификация ПО

7.4.1 Поверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с документом 279.01.86.000 ИЗ.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Наименование ПО	Значение	
	«Библиотека обработки параметров АИИС и расчета контрольных точек»	«База данных градуировочных коэффициентов»
Идентификационное наименование ПО	libmetr_sign.so	param.cert_tarir
Номер версии (идентификационный номер) ПО	v.1	v.1
Цифровой идентификатор ПО	364707820	2163709639

7.4.2 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.

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

8.2 При положительных результатах поверки систем оформить свидетельства о поверке и нанести знак поверки на корпуса шкафов автоматики (ША).

8.3 При отрицательных результатах поверки системы к дальнейшему применению не допускаются. На системы выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

После выявления и устранения причины производится повторная поверка систем.

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

Ф.И. Храпов

Заместитель начальника НИО-10
ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.В. Мороз

Приложение А

Таблица А.1 – Состав и метрологические характеристики ИК систем, 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
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	Избыточное давление жидкостей						
	5	от 0 до 0,5884 МПа	±1,0 % (γ от ВП ¹)	Датчик избыточного давления ADZ-SML	±0,5 % (γ от ВП)	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	±0,05 % (γ от ВП)
	2	от 0 до 0,981 МПа					
	3	от 0 до 2,452 МПа					
	1	от 0 до 0,6865					
	2	от 0 до 21,574					
	1	от 0 до 24,517 МПа					
	1	от 0 до 5,884 МПа					
	Разность давлений жидкости						
	1	от 0 до 0,745 МПа	±1,0 % (γ от ВП)	Датчик разности давлений Метран-150CDR4	±0,075 % (γ от НЗ)	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	±0,05 % (γ от ВП)
	Избыточное давление воздуха (газов)						
	1	от 0 до 0,608 МПа	±1,0 % (γ от ВП)	Датчик избыточного давления ADZ-SML	±0,5 % (γ от ВП)	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	±0,05 % (γ от ВП)
	2	от 0 до 1,961 МПа					

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
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	Избыточное давление воздуха (газов)						
	2	от 0 до 1,030 МПа	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)	Датчик избыточного давления СДВ-02-И	$\pm 0,15\%$ (γ от ВП)	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27120)	$\pm 0,05\%$ (γ от ВП)
	Давление-разрежение воздуха (газов)						
	1	от $-0,0981$ до $+0,0981$ МПа	$\pm 0,5\%$ (γ от НЗ ²⁾)	Датчик давления-разрежения ADZ-SML	$\pm 0,25\%$ (γ от ВП)	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27120)	$\pm 0,05\%$ (γ от ВП)
	Разность давлений воздуха (газов)						
	2	от 0 до 0,98 кПа	± 50 Па (Δ) ³⁾	Датчик разности давлений Метран 150CD1	$\pm 0,075\%$ (γ от ВП)	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27120)	$\pm 0,05\%$ (γ от ВП)
2	от 0 до 19,6 кПа	$\pm 0,5\%$ (δ) ⁴⁾ $\pm 0,5\%$ (γ от ВП) в диапазоне от 0 до ВП=9,8 кПа, $\pm 0,5\%$ (δ) в диапазоне измерений от 9,8 до 9,6 кПа	Датчик разности давлений Метран 150CD2	$\pm 0,075\%$ (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
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления	Температура жидкостей						
	1	от 233,15 до 353,15К (от - 40 до +80 °С)	±1,5 % (γ от НЗ) (НЗ=120 °С)	Термопреобразователи сопротивления ТСП-0196	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	Модуль измерительный LTR114	±(0,03+0,006× × (X _к /X -1)) %, где X _к – конечное значение установленного диапазона измерений, Ом; X – измеренная модулем величина, Ом.
	1	от 223,15 до 378,15 К (от -50 до +105 °С)	±1,5 % (γ от НЗ) (НЗ=155 °С)				
	2	от 273,15 до 483,15 К (от 0 до +210 °С)	±1,5 % (γ от НЗ) (НЗ=210 °С)				
	2	от 273,15 до +373,15 К (от 0 до 100 °С)	±1,5 % (γ от НЗ) (НЗ=100 °С)				
	1	от 233,15 до 413,15К (от -40 до +140 °С)	±1,5 % (γ от НЗ) (НЗ=180 °С)				
	Температура воздуха (газов)						
6	от 228,15 до 318,15 К (от -45 до +45 °С)	±0,5% (δ) (ИВ в К)	Термопреобразователи сопротивления ТСП-0196	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	Модуль измерительный LTR114	±(0,03+0,006× × (X _к /X -1)) %, где X _к – конечное значение установленного диапазона измерений, Ом; X – измеренная модулем величина, Ом.	

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
ИК температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТХА(К)	Температура воздуха (газов)						
	1	от 233,15 до 393,15К (от - 40 до +120 °С)	±1,0 % (γ от ВП) (ВП в К)	Преобразователи термоэлектрические ТХА-0193	Класс допуска 1 по ГОСТ Р 8.585-2001	Модуль измерительный LTR27(с преобразователями Н-27Т, Н-27R100)	±0,05 % (γ от ВП)
2	от 233,15 до 693,15 К (от -40 до +420 °С)						
ИК силы от тяги двигателя	1	от 0 до 122,6 кН (от 0 до 12500 кгс)	±0,5 % (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=61,3 кН и ±0,5 % (δ) в диапазоне измерений от 61,3 до 122,6 кН	Датчик силы весоизмерительный тензорезисторный М70К (С2)	Класс точности С по ГОСТ Р 8.726-2010	Модуль измерительный LTR212М-1	±(0,1+0,05×(Xк/X -1)), %, где: Xк – конечное значение установленного поддиапазона измерений, мВ; X – измеренная модулем величина, мВ
ИК массового расхода топлива	1	от 200 до 20000 кг/ч	±0,5 % (δ)	Счетчик-расходомер массовый MicroMotion CMF200	±0,05 % (δ)	Плата последовательного обмена СР-118U-I	±0,0 % (передача измерительной информации в коде)

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
ИК параметров вибрации	4	Виброскорость от 5 до 100 мм/с. (Диапазон частот от 60 до 270 Гц)	±12 % (γ от ВП)	Вибропреобразователи МВ-43 (МВ-46; МВ-04)	±5 % (γ от ВП)	Блок электронный БЭ-40-4М	±8 % (γ от ВП)
						Модуль измерительный LTR114	±(0,02+0,006×(X _к /X -1)), %, где: X _к – конечное значение установленного поддиапазона измерений, В; X – измеренная модулем величина, В
ИК массового расхода воздуха ⁵⁾	1	от 20 до 100 кг/с	±0,7 % (δ)	Датчик разности давлений Метран 150CD1	±0,1 % (γ от ВП)	Модуль измерительный: LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	±0,05 % (γ от ВП)
				Датчик разности давлений Метран 150CD2	±0,075 % (γ от ВП)		
				Термопреобразователи сопротивления ТСП-0196	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	Модуль измерительный LTR114	±(0,03+0,006×(X _к /X -1)), %, где: X _к – конечное значение установленного поддиапазона измерений, Ом; X – измеренная модулем величина, Ом

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
ИК силы переменного тока	3	от 0 до 150 А	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП)	Трансформатор тока ТФ1.	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)	Модуль измерительный: LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	$\pm 0,05\%$ (γ от ВП)
				Преобразователь сигналов НПСИ-ДНТВ	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)		
ИК напряжения переменного тока	3	от 0 до 150 В	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП)	Преобразователь сигналов НПСИ-ДНТВ	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)	Модуль измерительный: LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	$\pm 0,05\%$ (γ от ВП)
ИК объемного расхода жидкостей	1	1,2...6 л/мин	$\pm 1,5\%$ (γ от ВП)	ТПР6	$\pm 1,0\%$ (δ)	Модуль измерительный: LTR51 (с преобразователем Н-51FL)	$\pm 0,01\%$ (δ)
	2	4,8...24 л/мин		ТПР9			
	1	0,2...1,0 л/с	$\pm 0,5\%$ (δ)	ТПР11	$\pm 0,4\%$ (δ)		
	1	0,25 ... 1,6 л/с		ТПР12			
	1	0,3 ... 2,5 л/с		ТПР13			
	3	от 1,2 до 16 л/с		ТПР17			

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

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

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее систем)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК ¹⁾
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления (в части измерений силы постоянного тока)	33	от 4 до 20 мА (от – 0,0981 до 39,23 МПа)	Датчики давления: ADZ, Метран 150, МИДА	Модуль измерительный LTR27 (с преобразователем Н-27I20)	$\pm 0,2\%$ (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)	8	от 80 до 180,8 Ом (от 223,15 до 483,15 К)	Термопреобразователи сопротивления платиновые по ГОСТ 6651-2009	Модуль измерительный LT114	$\pm 0,2\%$ (γ от ВП)
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТХА(К) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры (в части измерений напряжения постоянного тока)	16	от 0 до 45,119 мВ (от 273,15 до 1373,15 К)	Термоэлектрический преобразователь ТХА(L) по ГОСТ Р 8.585-2001	Модуль измерительный LTR27 (спреобразователем Н-27Т)	$\pm 0,2\%$ (γ от ВП)
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора компрессора высокого давления	2	от 170 до 3700 Гц (от 776 до 17061 об/мин)	Датчик частоты вращения ДЧВ-2500А	Модуль измерительный LTR51 (с преобразователем Н-51FL))	$\pm 0,15\%$ (γ от ВП)
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора вентилятора	2	от 145 до 3200 Гц (от 580 до 12760 об/мин)			

¹⁾Пределы допускаемой основной погрешности ИК приведены в таблице 3 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, $i = 1, 2, \dots, l$.

Примечание – 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 279.01.86.000 ИЗ.

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):

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

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

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

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 систем 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).

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

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

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):

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

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

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):

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

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):

$$\tilde{\Delta}_{oska} = R_{прив.изм.к} - R_{прив.дин.л.к}, \quad (Б.11)$$

где $R_{прив.изм.к}$ - среднее значение силы, измеренной СИС стенда при прямом ходе градуировки с помощью СГУ на каждой k -той контрольной точке, приведенной к 1-й контрольной точке;

$R_{прив.дин.л.к}$ - среднее значение силы, воспроизведённой РЭТ(ТВЭУ-15-1) при градуировке с помощью ПГУ на каждой k -той контрольной точке с учетом температурной поправки, приведенной к 1-й 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):

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

где x'_{ik}, x''_{ik} - приведенные по входу значения результатов наблюдений на каждой k -той контрольной точке 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):

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

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

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{оск} \text{ при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} \text{ при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0.8, \quad (\text{Б.16}) \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \left(\sqrt{\frac{\tilde{\Delta}_{оск}^2}{3} + \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}} \right) \cdot \frac{\tilde{\Delta}_{оск} + \tilde{\Delta}_{ок}}{\tilde{\Delta}_{оск} / \sqrt{3} + \tilde{\sigma}_{\Delta_{ок}}} \text{ при } 8 > \tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок} > 0.8. \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

γI_{LTR} – пределы допускаемой приведенной погрешности измерений силы постоянного тока LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27120), %;

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

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

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

ΔT_{LTR} – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, обусловленной погрешностью LTR (модуль измерительный LTR114):

$$\Delta T_{LTR} = \delta R_{LTR} \cdot ИВ / 100 \cdot \alpha \cdot R_o, \quad K \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (\text{Б.20})$$

δR_{LTR} – пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления постоянному току с помощью LTR (модуль измерительный LTR114):

$$\delta R_{LTR} = 0,03 + 0,006 \times (R_{ВПИ} / ИВ - 1), \quad \%, \quad (\text{Б.21})$$

$R_{ВПИ}$ – конечное значение установленного поддиапазона измерений LTR, Ом;

$ИВ$ – измеренная LTR величина сопротивления ПИП, Ом;

α – температурный коэффициент термопреобразователя сопротивления (ПИП), °С⁻¹;

R_o – сопротивление ПИП при температуре 0 °С, Ом.

2.4.2.3 Определить пределы абсолютной погрешности измерений ИК температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К), по формуле (Б.22):

$$\Delta_T = 1,1 \cdot \sqrt{(\Delta T_{ТХА})^2 + (\Delta T_{LTR})^2 + (\Delta T_{ТСМ_x})^2 + (\Delta T_{LTR_x})^2}, \quad K \text{ (}^\circ\text{C)}, \quad (\text{Б.22})$$

где $\Delta T_{ТХА}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности термоэлектрического преобразователя ТХА(К) по ГОСТ Р 8.585-2001, К (°С);

ΔT_{LTR} – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, обусловленной погрешностью LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27Т):

$$\Delta T_{LTR} = \frac{(\gamma U_{LTR} \cdot U_{ВПИ} / 100)}{dE / dt}, \text{ К (}^\circ\text{C)}, \quad \text{Б.23}$$

где γU_{LTR} – пределы допускаемой приведенной погрешности ИК напряжения постоянного тока LTR, $\gamma I_{LTR} = \pm 0,05 \%$;

$U_{ВПИ}$ – верхний предел измерений напряжения постоянного тока LTR, мВ;

dE/dt – чувствительность термоэлектрического преобразователя ТХА(К), рассчитанная для измеренного значения температуры, мВ/°С;

$\Delta T_{ТСМ_{\text{х}}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности термопреобразователя сопротивления (ТСМ) ИК температуры «холодного спая» по ГОСТ 6651-2009, К (°С);

$\Delta T_{LTR_{\text{х}}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры «холодного спая», обусловленной погрешностью LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27R100):

$$\Delta T_{LTR_{\text{х}}} = \gamma R_{LTR_{\text{х}}} \cdot R_{ВПИ_{\text{х}}} / 100 \cdot \alpha \cdot R_o, \text{ К (}^\circ\text{C)}, \quad \text{Б.24}$$

$\gamma R_{LTR_{\text{х}}}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности LTR ИК сопротивления «холодного спая», %;

$R_{ВПИ_{\text{х}}}$ – конечное значение установленного поддиапазона измерений сопротивления «холодного спая» LTR, Ом.

2.4.2.4 Определить пределы абсолютной погрешности измерений массового расхода воздуха по формуле (Б.25)

$$\tilde{\Delta} = 1.1 \cdot G_v \cdot \left[W^2(\mu) \cdot (\Delta(\mu) / \mu)^2 + W^2(d_m) \cdot (\Delta(d_m) / d_m)^2 + W^2(T_o) \cdot (\Delta(T_o) / T_o)^2 + W^2(\Delta P) \cdot (\Delta(\Delta P) / \Delta P)^2 + W^2(P_k) \cdot (\Delta(P_k) / P_k)^2 + W^2(\Delta P_o) \cdot (\Delta(\Delta P_o) / \Delta P_o)^2 \right]^{0,5}, \quad \text{Б.25}$$

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 ;

$W(\zeta_j) = \frac{\zeta_j \cdot \partial G}{G \partial \zeta_j}$ – относительные коэффициенты влияния аргумента ζ_j на погрешность измерений расхода воздуха.

Обозначения аргументов ζ_j :

μ – коэффициент расхода воздуха РМК;

d_m – диаметр 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_o – перепад между атмосферным и полным давлением на входе РМК;

T_o – осредненная температура воздуха на входе в РМК.

Примечание. В формулу (Б.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.26):

$$W(\mu) = 1$$

$$W(F_M) = 1$$

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

$$W(P_k) = \frac{P_k}{\Delta P} (\pi - 1) (W(\Delta P) - 1) \quad (\text{Б.26})$$

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

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

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

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

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

$$\pi = 1 - \frac{\Delta P}{P_k - \Delta P_o}, \quad (\text{Б.27})$$

$$D = \pi - 1$$

Значения погрешностей $\Delta(\mu)/\mu$, берутся из документа № прот 014.072а- 2018 от 29.08.2018 г. «Протокол аттестации расходомерного коллектора (РМК)288-М.93.3200 из состава систем измерения расхода воздуха (СИРВ) на входе изделий РД-33МК, РД-93, РД-33 серия 2,3, и их модификаций.

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

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

2.4.2.5 Определить пределы абсолютной погрешности измерений параметров вибрации по формуле (Б.28):

$$\Delta_V = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{IB_V^2}{10^4} \cdot \{(\delta_A)^2 + (\delta_{II})^2\} + (\Delta V_{LTR})^2}, \quad \text{мм/с}, \quad (\text{Б.28})$$

где IB_V – измеренная величина виброскорости, мм/с;

δ_A – пределы допускаемой относительной погрешности измерений виброскорости виброаппаратурой ИВ-Д-СФ-3М в комплекте с ПИП (вибропреобразователь МВ-43), %;

δ_{II} – дополнительная погрешность ПИП, обусловленная его поперечной чувствительностью, %. $\Delta_{II} = \delta_{II}/\text{пасп} / 2$, где $\delta_{II}/\text{пасп}$ – паспортное значение относительной погрешности ПИП, обусловленной его поперечной чувствительностью;

ΔV_{LTR} – значение абсолютной погрешности измерений виброскорости, обусловленной погрешностью LTR (модуль измерительный LTR114), мм/с;

$$\Delta V_{LTR} = \frac{\delta U_{LTR} \cdot IB}{K_v \cdot 100}, \text{ мм/с}, \quad (\text{Б.29})$$

δU_{LTR} – пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока LTR (модуль измерительный LTR114):

$$\delta U_{LTR} = 0,02 + 0,006 \times (U_{ВПИ}/IB - 1) \% ; (\text{Б.30})$$

$U_{ВПИ}$ – конечное значение установленного поддиапазона измерений LTR, В;

IB – измеренная величина напряжения постоянного тока с выхода виброаппаратуры ИВ-Д-СФ-3М, В;

K_v – коэффициент преобразования виброаппаратуры ИВ-Д-СФ-3М, В/(мм/с).

2.4.2.6 Определить пределы абсолютной погрешности измерений ИК силы переменного тока по формуле (Б.31):

$$\Delta_I = \frac{1,1}{100} \cdot \sqrt{(\gamma_{ТФ1} \cdot ВП_I)^2 + (\gamma_{НПСИ} \cdot ВП_{НПСИ} / K_{ТФ1})^2 + (\gamma_{LTR} \cdot ВП_I / K_{ТФ1} \cdot K_{НПСИ})^2}, A \quad (\text{Б.31})$$

где $ВП_I$ – верхний предел измерений силы переменного тока, А;

$ВП_{НПСИ}$ – верхний предел измерений силы переменного тока преобразователя НПСИ, А;

$ВП_I$ – верхний предел измерений силы постоянного тока LTR, мА;

$\gamma_{ТФ1}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования силы переменного тока трансформатором тока ТФ1. $\gamma_{ТФ1} = \pm 0,5 \%$;

$\gamma_{НПСИ}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования силы переменного тока в силу постоянного тока преобразователя НПСИ, %;

γ_{LTR} – пределы допускаемой приведенной погрешности измерений силы постоянного тока LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27I20), %.

$K_{ТФ1}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока ТФ1;

$K_{НПСИ}$ – коэффициент преобразования силы переменного тока в силу постоянного тока преобразователя НПСИ, мА/А.

2.4.2.7 Определить пределы абсолютной погрешности измерений ИК напряжения переменного тока по формуле (Б.32):

$$\Delta_U = \gamma_{НПСИ} ВП_U + \gamma_{LTR} \cdot ВП_I / K_{УНПСИ} / 100, B (\text{Б.32})$$

где $ВП_U$ – верхний предел измерений напряжения переменного тока, В;

$ВП_I$ – верхний предел измерений силы постоянного тока LTR, мА;

$\gamma_{УНПСИ}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования напряжения переменного тока в силу постоянного тока преобразователя НПСИ, %;

γ_{LTR} – пределы приведенной погрешности измерений силы постоянного тока LTR (модуль измерительный LTR27с преобразователем Н-27I20), %.

$K_{УНПСИ}$ – коэффициент преобразования напряжения переменного тока в силу постоянного тока преобразователя НПСИ, мА/В.

2.4.2.8 Определить пределы абсолютной погрешности измерений ИК объемного расхода жидкости по формуле (Б.33):

$$\Delta_{ж} = \frac{G_{ж}}{100} \cdot (\delta Q) + \delta F, \text{ л/с (л/мин)}, \quad (\text{Б.33})$$

где δQ – пределы допускаемой относительной погрешности ПИП (ТПР), %;

δF – пределы допускаемой относительной погрешности ИК объемного расхода жидкости без ПИП, %.

2.4.3 Определить значения относительной погрешности ИК по формуле (Б.34):

$$\delta = \frac{\Delta}{IB} \cdot 100, \% . \quad (\text{Б.34})$$

2.4.4 Определить значения приведенной к ВП погрешности ИК по формуле (Б.35):

$$\gamma = \frac{\Delta}{ВП} \cdot 100, \% . \quad (\text{Б.35})$$

2.4.5 Определить значения приведенной к ВП погрешности ИК по формуле (36):

$$\gamma^* = \frac{\Delta}{НЗ} \cdot 100, \% . \quad (\text{Б.36})$$

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)

Форма протокола поверки

Протокол №... поверки измерительных каналов систем измерительной
СИ-1/ГТД-РД-33 №

1 Дата поверки

.....

2 Средства поверки

Таблица 1

Наименование РЭТ (средства измерений)	Регистрационный номер РЭТ в реестре Федерального информационного фонда (зав. № средства измерений)	Номер свидетельства об аттестации РЭТ, поверке. Срок дей- ствия свидетельства
Эталон единицы давления 1 разряда в диапазоне значений (-1...200) кгс/см ² (Калибратор давления DPI-615)		
Эталон единицы температуры рабочего средства измерения в диапазоне значений (-30...+110) °С. (Калибратор температуры эталонный КТ-110)		
Эталон единицы температуры рабочего средства измерения в диапазоне значений (50...650) °С. (Калибратор температуры эталонный КТ-650)		
Эталон единицы температуры рабочего средства измерения в диапазоне значений (300...1100) °С. (Калибратор температуры эталонный КТ-1100)		
Эталон единицы силы постоянного электрического тока в режиме воспроизведения 1 разряда в диапазоне значений (0...24) мА; единицы напряжения постоянного электрического тока в режиме воспроизведения 3 разряда в диапазоне значений (минус 0,01...12) В; единицы электрического сопротивления в режиме воспроизведения 3 разряда в диапазоне значений (1·10 ⁻⁴ ...2000) Ом. (Калибратор многофункциональный TRX-IIR)		
Эталон единицы силы постоянного электрического тока в режиме воспроизведения 1 разряда в диапазоне значений (0...24) мА; единицы напряжения постоянного электрического тока в режиме воспроизведения 3 разряда в диапазоне значений (минус 0,01...12) В; единицы электрического сопротивления в режиме воспроизведения 3 разряда в диапазоне значений (1·10 ⁻⁴ ...2000) Ом. (Калибратор многофункциональный TRX-IIR)		

Продолжение таблицы 1

Наименование РЭТ (средства измерений)	Регистрационный номер РЭТ в реестре Федерального информационного фонда (зав. № средства измерений)	Номер свидетельства об аттестации РЭТ, поверке. Срок действия свидетельства
Рабочий талон единицы силы 2 разряда: верхний предел измерений 15000 кгс; пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 15 кгс. (Устройство тензометрическое весоизмерительное электронное ТВЭУ-15-1)		
Эталон массы 3 разряда в диапазоне значений (10...20) кг. (Гири образцовые 4-го разряда параллелепипедной формы ГО-20)		
Гиря класса точности F2		
Барометр рабочий сетевой БРС-1М		
Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7		

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

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-РД-33. Методика поверки 279.01.86.000 МП».

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Внешний осмотр

.....соответствует ТД.....

5.2 Результаты опробования

.....соответствует ТД.....

5.3 Результаты метрологических исследований

Результаты метрологических исследований системы измерительной СИ-1/ГТД-РД-33 №представлены в таблице 2.

Расчет суммарной погрешности проводится по формулам методики поверки «Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33. Методика поверки. 279.01.86.000МП».

6 Выводы

.....
.....

7 Заключение

.....
.....

Поверитель

Подпись, дата ФИО

(_____)

Таблица 2

№ п/п	Наименование ИК	Обозначение ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности ИК согласно ОСТ 1 01021-93, ТД, ±	Устройство ввода-вывода / Модуль ввода-вывода				Первичный преобразователь					Суммарное значение погрешности ИК по результатам поверки, ±
					Наименование	Серийный номер	Пределы допускаемой погрешности, ±	Дата очередной поверки	Наименование	Серийный номер	Диапазон датчика	Пределы допускаемой погрешности, ±	Дата очередной поверки	

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 8.585-2001 ГСИ	Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования
ГОСТ 8.338-2002 ГСИ	Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки
ГОСТ Р 8.669-2009 ГСИ	Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихретоковыми вибропреобразователями. Методика поверки
ГОСТ 8.217-2003 ГСИ	Трансформаторы тока. Методика поверки
б/н	Преобразователи сигналов серии НПСИ. Методика поверки утвержденная руководителем ФБУ «Нижегородский ЦСМ» 06 апреля 2015 г.
б/н	«Счетчики-расходомеры массовые Micro-Motion фирмы Fisher Rosemount». Методика поверки, утвержденная руководителем ФГУП ВНИИМС 20 декабря 1999г.
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 02677-89	Силоизмерительные систем испытательных стендов авиационных газотурбинных двигателей. Общие требования к поверочным и стендовым градуировочным устройствам
ОСТ 1 02512-84	Систем силоизмерительные испытательных двигателей авиационных ГТД. Общие требования
ОСТ 1 02583-86	Силоизмерительные систем 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
279.01.86.000 РЭ	Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33. Руководство по эксплуатации

Обозначение	Наименование
279.01.86.000 ФО	Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33 № 001. Формуляр
279.01.89.000 ФО	Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33 № 002. Формуляр
279.01.90.000 ФО	Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33 № 003. Формуляр
279.01.86.000 ИЗ	Система измерительная СИ-1/ГТД-РД-33. Инструкция оператора
№ Прт. 014.072а от 29.08.2018 г.	Протокол аттестации расходомерного коллектора (РМК)288-М.93.3200 из состава систем измерения расхода воздуха (СИРВ) на входе изделий РД-33МК, РД-93, РД-33 серия 2,3, и их модификаций
ЖЯИУ.421431.003 МП	Аппаратура измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М. Методика поверки
ДЛИЖ.301422.0010 МП	Установки измерительные LTR. Методика поверки