

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



А.Н. Щипунов

2019 г.

Системы измерительные СИ-1/ТВ2/ТВ3

Методика поверки

404.172 МП

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	4
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	5
3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЬЕИ	6
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	6
5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ	6
6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ	7
7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	7
7.1 Внешний осмотр	7
7.2 Опробование	7
7.3 Определение метрологических характеристик	7
7.4 Идентификация ПО	18
8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	18
Приложение А	19
Приложение Б	25
Приложение В	30
Приложение Г	31
Приложение Д	33

ОБОЗНАЧЕНИЯ

- МП – методика поверки;
- ИК – измерительный канал;
- СИ – средство измерений;
- ПО – программное обеспечение;
- МХ – метрологические характеристики;
- ВП – верхний предел измерений;
- ИВ – измеренная величина;
- НЗ – нормированное значение;
- СКЗ – среднее квадратическое значение;
- КМС – крутящий момент силы;
- АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;
- ПИП – первичный измерительный преобразователь;
- ТПР – турбинный преобразователь расхода;
- ТС – термопреобразователь сопротивления;
- ТХА(К) – термоэлектрический преобразователь (хромель/алюмель)
- АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;
- РЭТ – рабочий эталон;
- РЭ – руководство по эксплуатации;
- ПК – промышленный компьютер.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая МП распространяется на системы измерительные СИ-1/ТВ2/ТВ3 (далее – системы), заводские номера 001 и 002, изготовленные АО «Уральский завод гражданской авиации», г. Екатеринбург, и устанавливает порядок, методы и объем их первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Поверка ИК систем осуществляется двумя способами:

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

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

Перечень эксплуатационных документов на систему и нормативных документов по поверке 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 электрического тока, соответствующей значениям давления ¹⁾	7.3.1	+	+
3.2 Определение погрешностей измерений температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой ТС ^{1), 2)} , и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры ¹⁾	7.3.2	+	+
3.3 Определение погрешности измерений массового расхода топлива ²⁾	7.3.3	+	+
3.4 Определение погрешностей измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов ¹⁾	7.3.4	+	+
3.5 Определение погрешности измерений расхода (прокачки) масла ²⁾	7.3.5	+	+
3.6 Определение погрешностей измерений параметров вибрации ¹⁾	7.3.6	+	+
3.7 Определение погрешности измерений крутящего момента силы ¹⁾	7.3.7	+	+
3.8 Определение погрешностей измерений напряжения и силы постоянного тока ¹⁾	7.3.8	+	+
3.9 Определение погрешности измерений массы масла в весовом баке 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 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

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта МП	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	Преобразователи давления эталонные: - ПДЭ-010-ДИ-130-А, диапазон измерений избыточного давления от 0 до 100 кПа; - ПДЭ-010-ДИ-160-А, диапазон измерений избыточного давления от 0 до 2,5 МПа; - ПДЭ-010-ДИ-180-А, диапазон измерений избыточного давления от 0 до 16 МПа; - ПДЭ-010-ДИВ-350-А, диапазон измерений давления-разрежения от минус 100 до 600 кПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 0,03\%$ в диапазоне измерений $1 \geq P/P_{\text{ВМАХ}} \geq 1/3$ и $\pm 0,01 \cdot P_{\text{ВМАХ}}/P$ в диапазоне измерений $1/3 > P/P_{\text{ВМАХ}}$, где P – измеренное значение давления; $P_{\text{ВМАХ}}$ – диапазон измерений ПДЭ
7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.8	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-260: пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения сопротивления постоянному току $\pm 0,015$ Ом в диапазоне от 0 до 180 Ом; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока $\pm (7 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3)$ мкВ в диапазоне от минус 10 до 100 мВ; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока $\pm (10^{-4} \cdot I + 1)$ мкА в диапазоне от 0 до 25 мА; пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения температуры $\pm 0,03$ °С в диапазоне от минус 200 до 200 °С (U, I – воспроизводимые значения напряжения, силы постоянного тока)
7.3.2, 7.3.3	Термостат ЭЛЕМЕР-Т-150: диапазон воспроизводимых температур от минус 30 до 150 °С, нестабильность поддержания температуры за 30 мин, °С $\pm (0,0015 + 0,0003 \cdot t)$
7.3.4, 7.3.5, 7.3.6	Генератор сигналов специальной формы SFG-2004: диапазон воспроизведения частоты от 0,1 Гц до 4 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты $F, \text{ Гц} \pm (2 \cdot 10^{-5} \cdot F + 0,0001)$
7.3.3, 7.3.4	Генератор сигналов произвольной формы DG1022: пределы установки частоты импульсов от 1 мкГц до 5 МГц, пределы допускаемой основной относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-4}$
7.3.8	Калибратор универсальный Н4-101: пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока: $\pm (0,02)\%$ – на поддиапазоне 20 В; $\pm (0,03)\%$ – на поддиапазоне 200 В
7.3.7	Гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009, класс точности M_3 , массой 20 кг

Продолжение таблицы 2

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки
7.3.6	Акселерометр пьезоэлектрический мод. 4371: частотный диапазон от 0,25 до 9100 Гц, коэффициент преобразования по напряжению на частоте 80 Гц 10,09 мВ (м·с ⁻²), пределы допускаемой основной относительной погрешности в диапазоне от 10 до 1000 Гц ±2,5 %
<i>Вспомогательные средства</i>	
7.3.1 - 7.3.9	Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1: диапазон измерений абсолютного давления от 600 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±0,33 гПа
7.3.1 - 7.3.9	Термогигрометр для непрерывных измерений Testo 608-H1: диапазон измерений относительной влажности воздуха от 15 до 85 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха ±3,0 %, диапазон измерений температуры воздуха от 0 до 50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха ±0,5°С
7.3.6	Виброустановка электродинамическая ВСВ-133: диапазон частот от 10 до 1000 Гц, диапазон виброускорений от 0,25 до 70 м/с ² , диапазон СКЗ виброскорости от 0,35 до 100 мм/с, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений ±5 %

2.2 Вместо СИ, указанных в таблице 2, допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение МХ систем 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 поверителей, 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 необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), а также изложенные в РЭ на приборы, в ТД на применяемые при поверке РЭТ и вспомогательное оборудование.

4.2 Любые подключения аппаратуры проводить только при отключенном напряжении питания системы.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего 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 800 (от 96 до 106,7).

параметры электропитания:

- напряжение сети переменного тока, В..... от 198 до 242;

- частота переменного тока, Гцот 49,6 до 50,4;
- напряжение сети постоянного тока, Вот 24,3 до 29,7.

П р и м е ч а н и е - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (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

При внешнем осмотре установить соответствие систем следующим требованиям:

- комплектность согласно формулярам УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.001 ФО и УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.002 ФО.
- маркировку согласно руководству по эксплуатации УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.001 РЭ;
- наличие и сохранность пломб;
- герметичность линий измерения давлений.

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.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеприведенные требования.

7.2 Опробование

Перед началом работ проверить оборудование и включить систему, руководствуясь документом УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.001 РЭ.

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.

Результаты опробования считать положительными, если измеренные значения физической величины совпадают с заданными эталонными значениями в пределах допускаемой погрешности измерений ИК систем. В противном случае система бракуется и после выявления и устранения причины производится повторное опробование.

7.3 Определение МХ

Определение МХ проводить с помощью программного модуля поверки ИК в последовательности, изложенной в руководстве программиста УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.001 РПр.

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:

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

- отсоединить вход ПИП давления (преобразователи давления измерительные АИР-10Н, АИР-20/М2) от магистрали давления испытательного стенда и соединить его с РЭТ давления (калибратор ИКСУ-260 с преобразователем давления эталонным ПДЭ-010) по схеме, приведенной на рисунке 1;

- провести градуировку ИК давления в диапазонах, указанных в графе 3 таблицы 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.

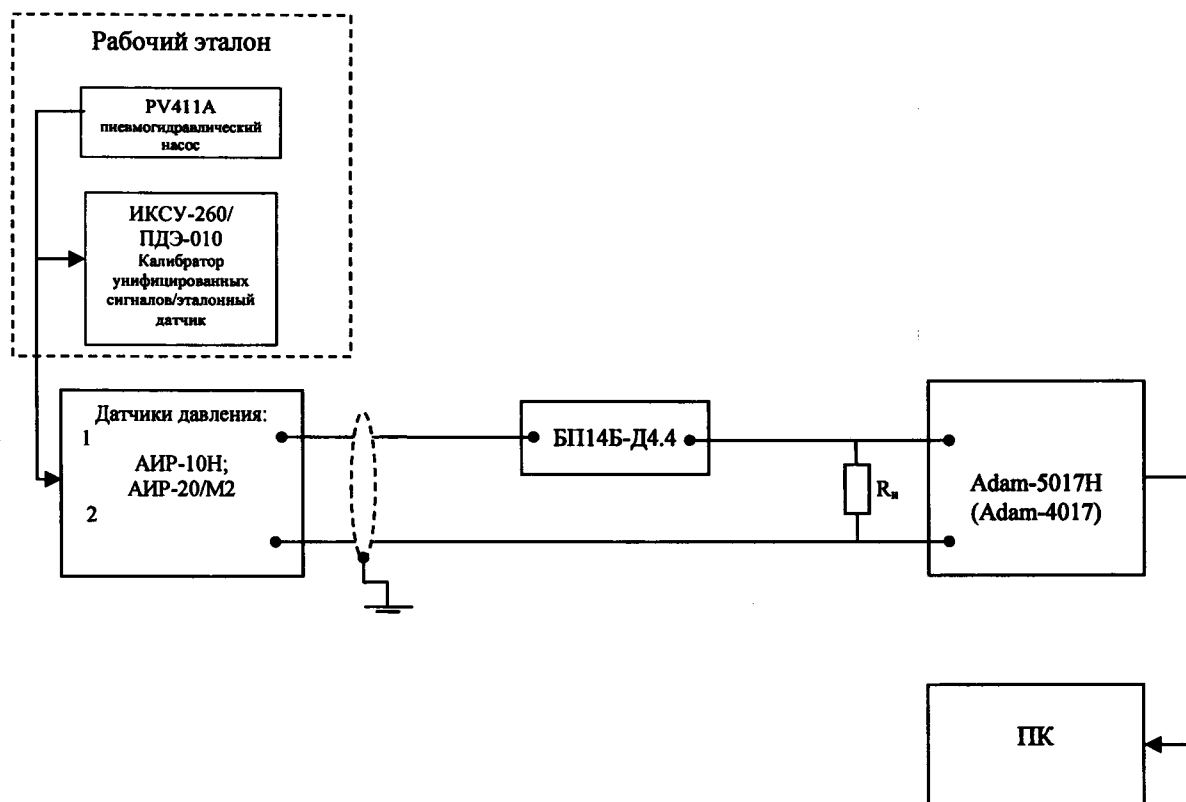


Рисунок 1 – Схема поверки ИК давления воздуха (газов) и жидкостей рабочим эталоном ИКСУ-260/ПДЭ-010

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

- провести поверку ПИП давления: АИР-10Н в соответствии с документом НКГЖ.406233.018МП «Преобразователи давления измерительные. Методика поверки», утвержденным ФГУП «ВНИИМС» 23.01.2014; АИР-20/М2 в соответствии с документом НКГЖ.406233.028МП «Преобразователи давления измерительные. Методика поверки», утвержденным ФГУП «ВНИИМС» 12.10.2015;

- подключить ИК без ПИП к РЭТ (калибратор ИКСУ-260) по схеме, приведенной на рисунке 2;

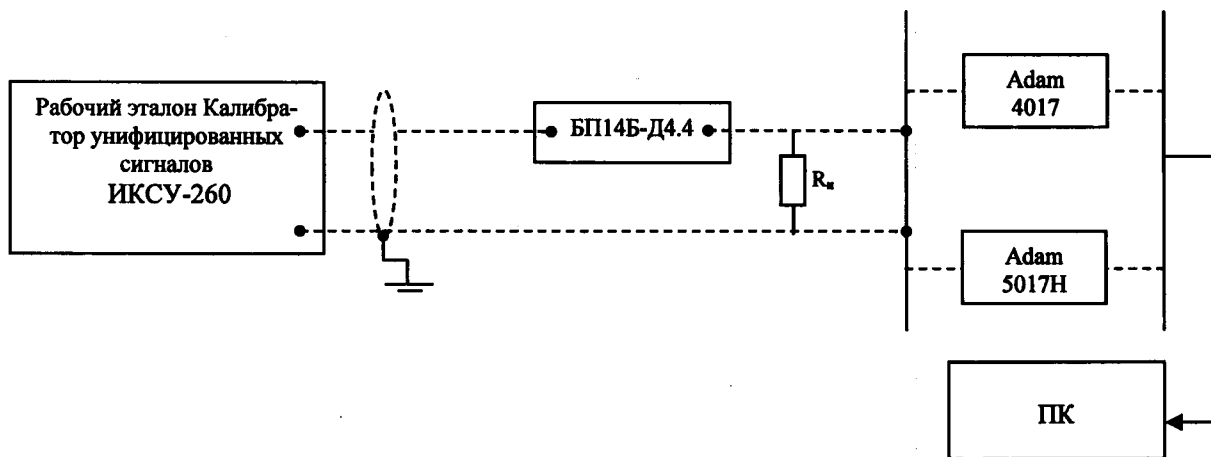


Рисунок 2 - Схема поверки ИК давления воздуха (газов) и жидкостей без ПИП (АИР-10Н, АИР-20/М2) рабочим эталоном ИКСУ-260

- 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 комплексным 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 считать положительными, если значения погрешностей измерений давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления, в заданных диапазонах измерений находятся в допускаемых пределах, указанных в графе 4 таблицы А.1 и графе 6 таблицы А.2. 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 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:

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

- подключить ИК температуры к РЭТ (термостат ЭЛЕМЕР-Т-150) по схеме, приведенным на рисунке 3;

- провести градуировку ИК температуры в диапазонах, указанных в графе 3 таблицы 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.

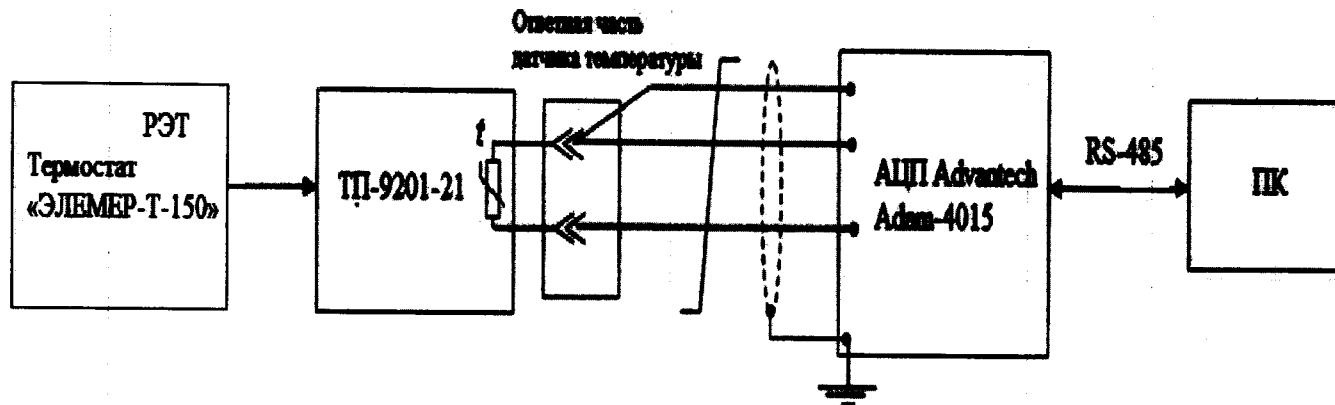


Рисунок 3 – Схема поверки ИК температуры, измеряемой ТС, рабочим эталоном (термостат ЭЛЕМЕР-Т-150)

- 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 ТП-9021-21 по методике поверки ГОСТ 8.461-2009;
 - подключить ИК без ПИП к РЭТ (калибратор ИКСУ-260) по схеме, приведенной на рисунке 4;

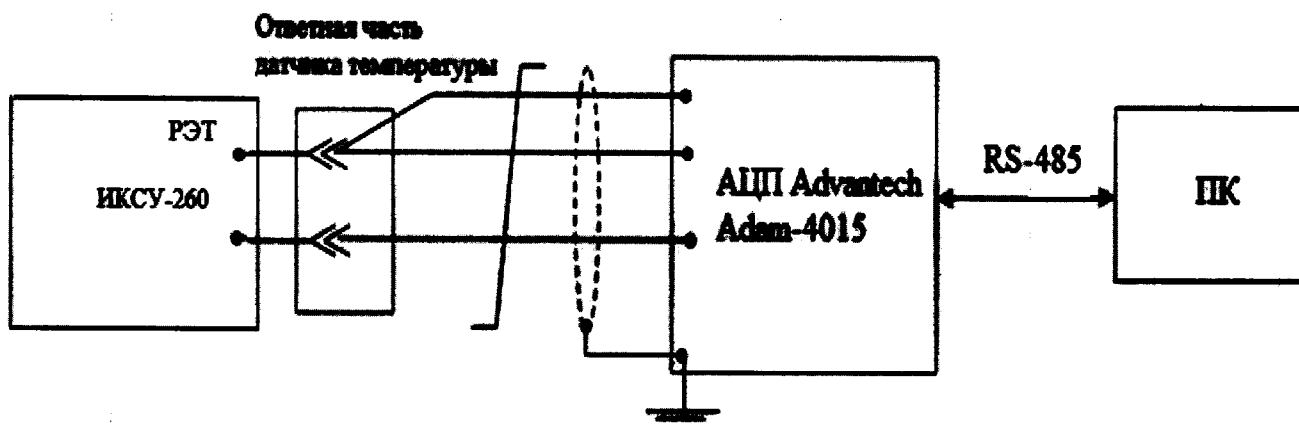


Рисунок 4 – Схема поверки ИК температуры без ПИП (ТП-9201-21) рабочим эталоном ИКСУ-260

- провести градуировку ИК сопротивления постоянному току по методике, приведенной в разделе 1 приложения Б;
- оценить МХ ИК 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 считать положительными, если значения погрешностей измерений температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой ТС, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, в заданных диапазонах измерений находятся в допустимых 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 погрешности измерений массового расхода топлива

7.3.3.1 Погрешность измерений массового расхода топлива определить поэлементным способом (косвенные измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести поверку расходомера-счетчика ОР-40-С в аккредитованной на право поверки организации по документу КУНИ.407279.001 МП «Расходомеры-счетчики жидкости и газа. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ «Воентест»32 ГНИИИ МО РФ в январе 2000 г.;
- отсоединить электрический кабель счетчика-расходомера ОР-40-С от ИК и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭТ (генератор DG1022) по схеме, приведенной на рисунке5;

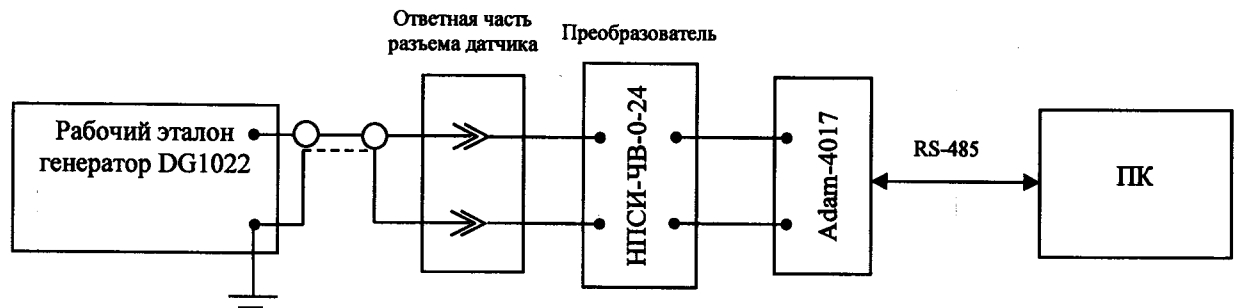


Рисунок 5 – Схема поверки ИК расхода топлива без ПИП (расходомер-счетчик ОР-40-С) рабочим эталоном DG1022

- провести градуировку ИК частоты без ПИП (ОР-40-С) в диапазоне от 4 до 40 Гц в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 приложения Б;
- провести градуировку ИК температуры топлива по методике, приведенной в разделе 7.3.2;
- провести поверку ареометра АНТ-2 по методике Р 50.2.041-2004 в организации, аккредитованной на право поверки;
- оценить МХ ИК массового расхода топлива по алгоритму, приведенному в разделе 2 приложения Б.

7.3.3.2 Результаты поверки считать положительными, если значение относительной погрешности измерений массового расхода топлива находятся в пределах $\pm 0,5\%$ в диапазоне измерений от 50 до 650 кг/ч. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.4 Определение погрешностей измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов

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

- подключить ИК частоты электрических сигналов с помощью жгута-переходника к РЭТ (генератор DG1022) согласно схемам, приведенным на рисунке 6.
- провести градуировку ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов, по методике, приведенной в разделе 1 приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ (DG1022) контрольные значения частоты электрического сигнала синусоидальной формы с амплитудой 10 В в диапазонах: от 10 до 90 Гц (схема поверки а) рисунка 6); от 400 до 800 Гц (схема поверки б) рисунка 6); от 100 до 1100 Гц (схема поверки в) рисунка 6) и – импульсные частотные сигналы прямоугольной формы с амплитудой 24 В и частотой от 0 до 16500 Гц (схема поверки в) рисунка 6);
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

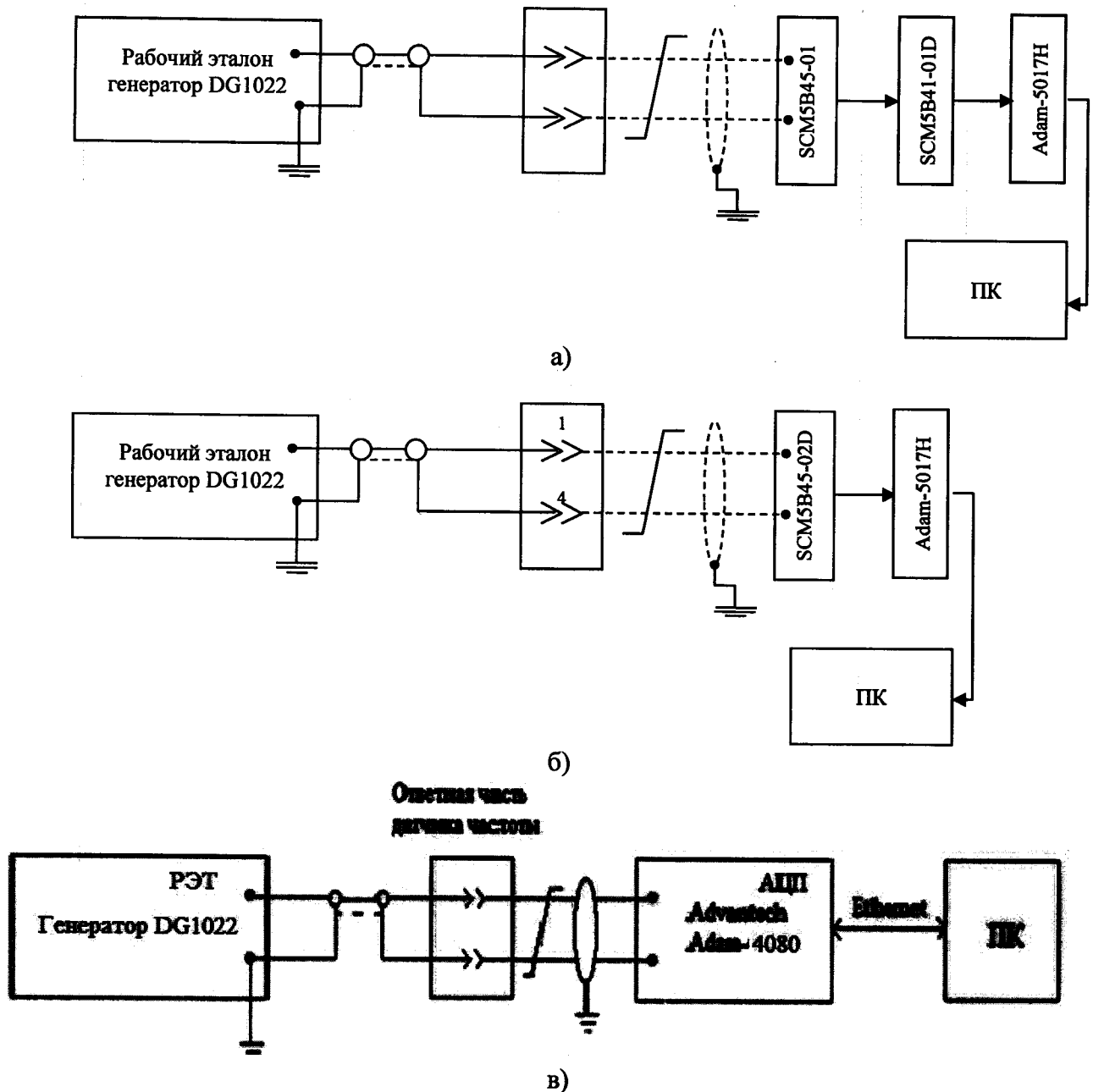


Рисунок 6 - Схема поверки ИК частоты электрических сигналов, соответствующей частоте вращения роторов, рабочим эталоном DG1022

7.3.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной погрешности измерений (от ВП) частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов, в заданных диапазонах находятся в пределах $\pm 0,15\%$. 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 следующей последовательности:

- провести поверку турбинного преобразователя расхода ТПР-10 в аккредитованной на право поверки организации по документу ЛГФИ407221.034 МИ «Преобразователи расхода турбинные ТПР. Методика поверки», утвержденному ГНИИ МО РФ 29 мая 2003 г.;

- отсоединить электрический кабель ТПР от ИК и с помощью жгута-переходника подключить к ИК РЭТ (генератор SFG-2004) по схеме, приведенной на рисунке 7;

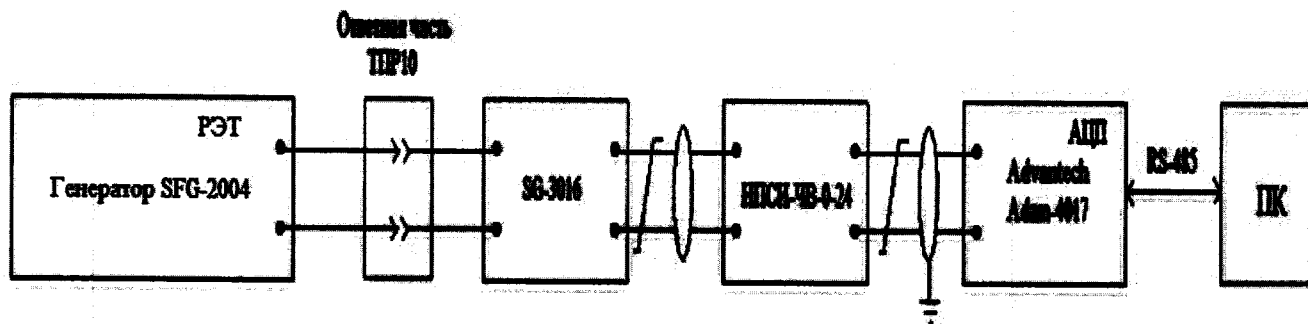


Рисунок 7 - Схема поверки ИК расхода (прокачки) масла без ПИП (ТПР-10) рабочим эталоном SFG-2004

- провести градуировку ИК расхода (прокачки) масла (без ПИП) по методике, приведенной в разделе 1 приложения Б;

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

7.3.5.2 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной погрешности измерений (от ВП) расхода (прокачки) масла в диапазоне от 7,2 до 36 л/мин находятся в пределах $\pm 3,0\%$. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.6 Определение погрешности измерений параметров вибрации.

7.3.6.1 Погрешность измерений параметров вибрации (виброскорость от 0 до 80 мм/с в диапазоне частот от 120 до 320 Гц – 12 ИК, виброускорение от 0 до 40 м/с² в диапазоне частот от 100 до 200 Гц – 2 ИК, виброускорение от 0 до 70 м/с² в диапазоне частот от 150 до 375 Гц – 2 ИК) определить комплексным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- собрать схему поверки ИК параметров вибрации, приведенную на рисунке 8;

- провести градуировку ИК по методике, приведенной в разделе 1 приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ (акселерометр пьезоэлектрический 4371):

- ИК виброскорости – контрольные значения виброскорости в диапазоне от 0 до 80 мм/с с шагом 10 мм/с на базовой частоте 160 Гц; контрольное значение амплитуды виброскорости 40 мм/с частотой вибрации в диапазоне от 120 до 320 Гц с шагом 20 Гц;

- ИК виброускорения – контрольные значения виброускорения в диапазоне от 0 до 40 м/с² с шагом 5 м/с² на базовой частоте 160 Гц; контрольное значение амплитуды виброускорения 30 м/с² с частотой вибрации в диапазоне от 100 до 200 Гц с шагом 10 Гц;

- ИК виброускорения – контрольные значения виброускорения в диапазоне от 0 до 70 м/с² с шагом 10 м/с² на базовой частоте 300 Гц; контрольное значение амплитуды виброускорения 50 м/с² с частотой вибрации в диапазоне от 150 до 375 Гц с шагом 25 Гц;

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

7.3.6.2 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной погрешности измерений (от ВП) параметров вибрации находятся в пределах $\pm 12\%$ в диапазонах измерений, указанных в графе 3 таблицы А.1 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

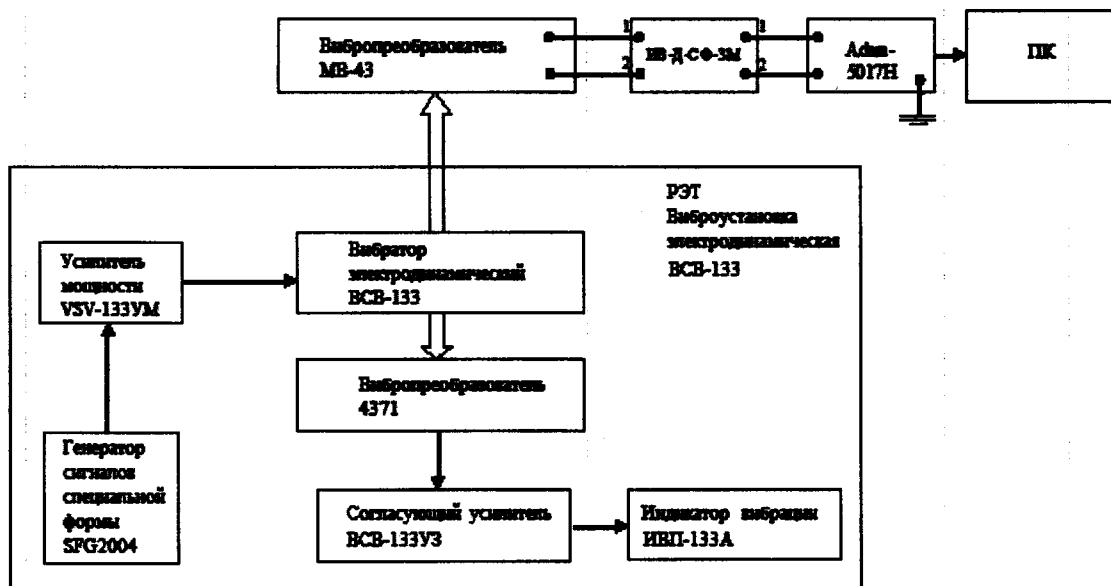


Рисунок 8 – Схема поверки ИК параметров вибрации рабочим эталоном ВСВ-133

7.3.7 Определение погрешности измерений крутящего момента силы

7.3.7.1 Погрешность измерений крутящего момента силы определять комплексным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- собрать схему поверки ИК, приведенную на рисунке 9;
- провести градуировку ИК с помощью РЭТ (гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009, класс точности М₃) по методике раздела 1 приложения Б.

Примечание - Проведение градуировки ИК проводить путем наложения гирь на рычаг градуировочного устройства динамометра NS 2600 и их снятия с рычага. Наложение гирь на рычаг и их снятие должны быть плавными, без ударов и толчков. Подход к измеряемому значению должен осуществляться медленно с одной стороны, соответствующей ходу градуировочной характеристики. Перемена знака приращения нагрузки в процессе нагружения или снятия грузов не допускается. Прямая ветвь градуировочной характеристики снимается в результате прямого хода (нагружения рычага) градуировки ИК, обратная ветвь градуировочной характеристики снимается в результате обратного хода (разгружения рычага). Один прямой и один следующий за ним обратный ход градуировки составляют один цикл градуировки ИК.

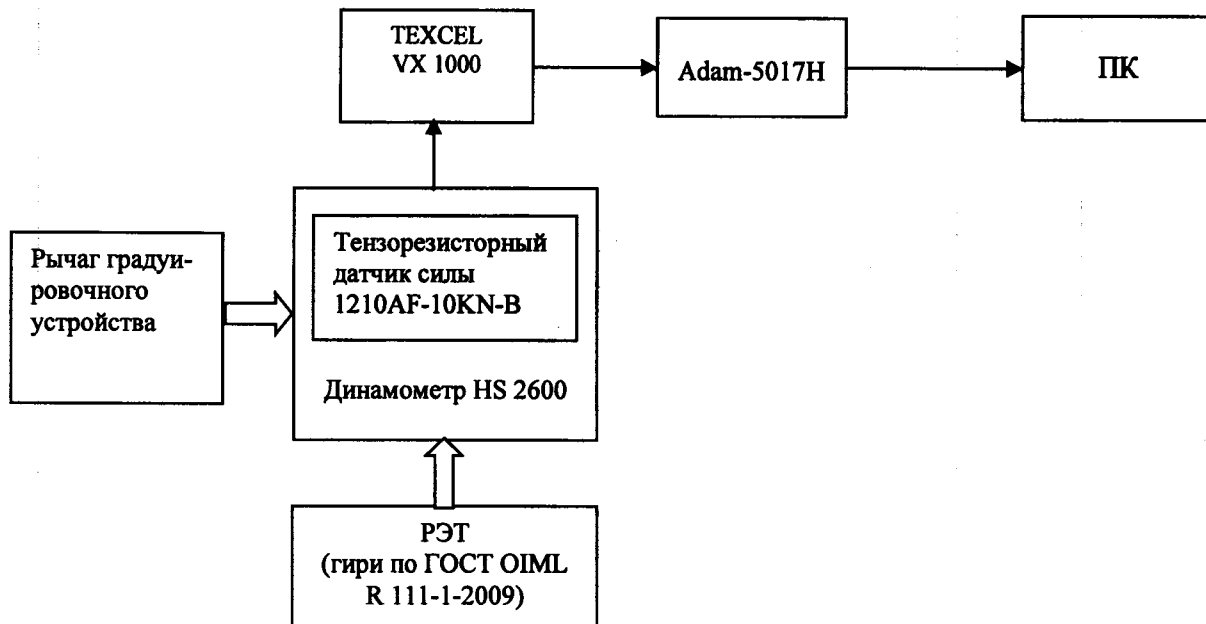


Рисунок 9 – Схема поверки ИК крутящего момента силы рабочим эталоном (гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009)

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

7.3.7.2 Результаты поверки считать положительными, если:

- значения приведенной погрешности (от 0,5 ВП) измерений крутящего момента силы находятся в пределах $\pm 0,5\%$ в диапазоне измерений от 0 до 0,5 ВП;
- значения относительной погрешности измерений крутящего момента силы находятся в пределах $\pm 0,5\%$ в диапазоне измерений от 0,5 до 1,0 ВП (ВП= 1569 Н·м (160 кгс·м)).

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

7.3.8 Определение погрешностей измерений напряжения и силы постоянного тока.

7.3.8.1 Погрешности измерений напряжения постоянного тока определить комплексным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК следующими способами:

- ИК напряжения постоянного тока (0 – 50) В:
- собрать поверочную схему, приведенную на рисунке 10;
- провести градуировку ИК по методике раздела 1 приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ (калибратор калибратор Н4-101) контрольные значения напряжения постоянного тока от 0 до 50 В;
- оценить МХ ИК напряжения постоянного тока (0 – 50) В в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

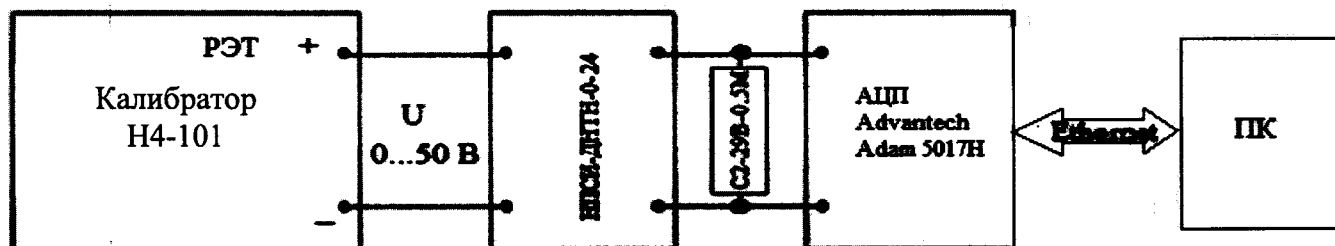


Рисунок 10 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока (0 – 50) В рабочими эталоном Н4-101

- ИК напряжения постоянного тока (0 – 10) В:
 - собрать поверочную схему, приведенную на рисунке 11;
 - провести градуировку ИК по методике раздела 1 приложения Б, устанавливая на входе ИК с помощью РЭТ (калибратор Н4-101) контрольные значения напряжения постоянного тока от 0 до 10 В;
 - оценить МХ ИК напряжения постоянного тока 0...10 В в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

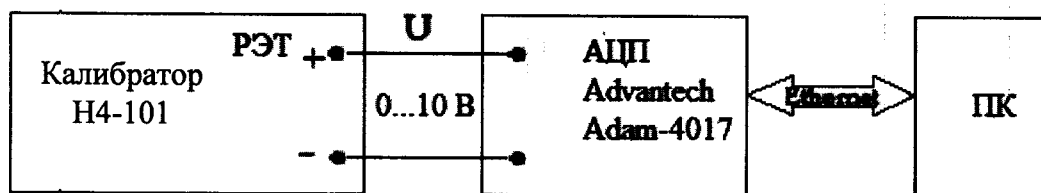
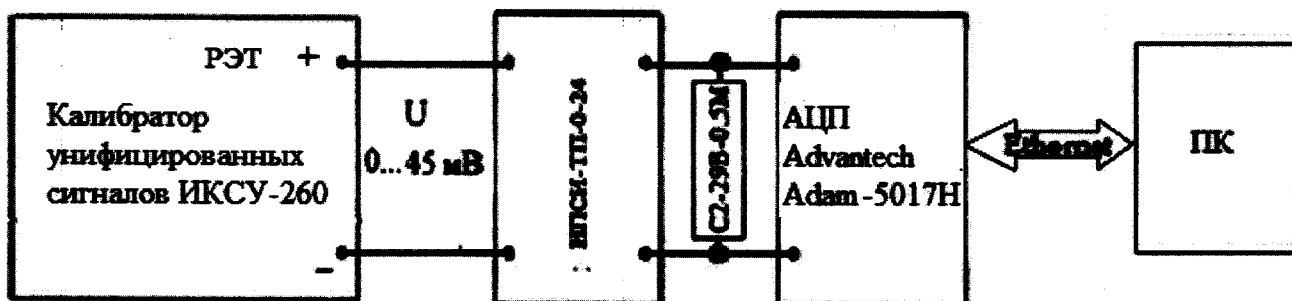
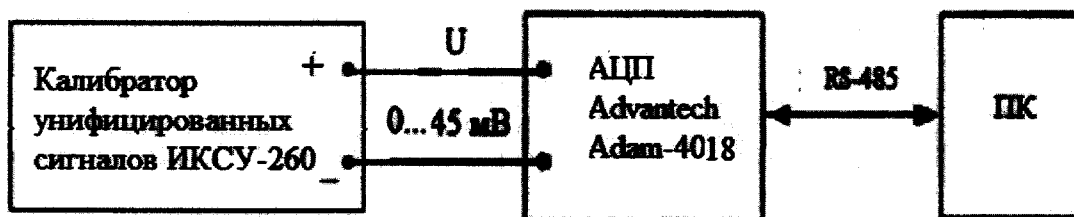


Рисунок 11 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока 0...10 В рабочим эталоном Н4-101

- ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К):
 - собрать поверочные схемы, приведенные на рисунке 12;



а)



б)

Рисунок 12 – Схемы поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К)

- провести градуировку ИК по методике раздела 1 приложения Б, устанавливая на входе ИК контрольные значения напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 45 мВ с помощью РЭТ (ИКСУ-260);
- оценить МХ ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К), в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.8.2 Погрешность измерений силы постоянного 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 ПИП (шунт измерительный стационарный 75ШСМ 1500А) в соответствии с документом МИ1991-89 ГСИ «Шунты постоянного тока. Методика поверки»;
- подключить ИК без ПИП к РЭТ (калибратор ИКСУ-260) по схеме, приведенной на рисунке 13;

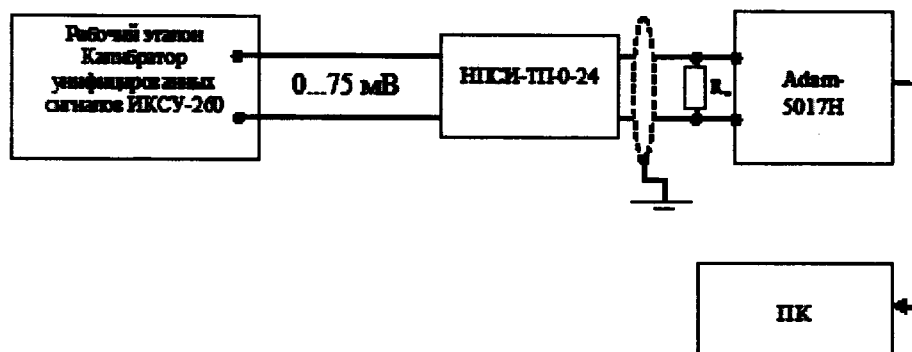


Рисунок 13 – Схема поверки ИК силы постоянного тока без ПИП (шунт 75ШИСМ) рабочим эталоном ИКСУ-260

- провести градуировку ИК напряжения постоянного тока (0 – 75) мВ, соответствующего силе постоянного тока (0 – 1500) А, по методике, приведенной в разделе 1 приложения Б;
- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.8.3 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей измерений напряжения и силы постоянного тока 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.

7.3.9 Определение погрешности измерений массы масла

7.3.9.1 Погрешность измерений массы масла в весовом баке определить поэлементным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку ПИП (датчик весоизмерительный тензорезисторный STCS 50) в соответствии с документом МИ2720-2002 «Рекомендации. ГСИ. Датчики весоизмерительные тензорезисторные ГСП. Методика поверки»;
- подключить ИК без ПИП к РЭТ (калибратор ИКСУ-260) по схеме, приведенной на рисунке 14;

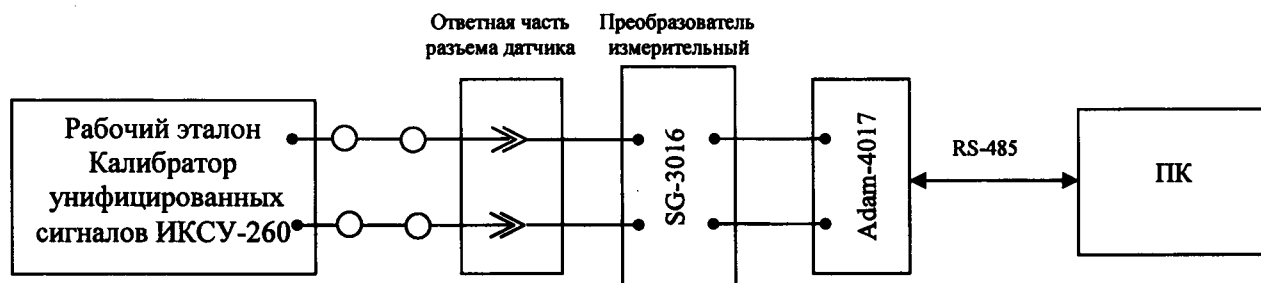


Рисунок 14 – Схема поверки ИК массы масла в весовом баке без ПИП (датчик STCS 50)

- провести градуировку ИК напряжения постоянного тока без ПИП (датчик STCS 50) в диапазоне от 0 до 20 мВ, соответствующего массе масла в весовом баке (0 – 14) кг в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 приложения Б;
- оценить МХ ИК массы масла в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

7.3.9.2 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной погрешности (от ВП) измерений массы масла находятся в пределах $\pm 0,5\%$ в диапазоне от 0 до 14 кг. В

7.4 Идентификация ПО

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с руководством пользователя УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.001РП (ГТД ТВ2-117А/АГ) и УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.002 РП (ГТД ТВ3-117).

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 корректировки.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Наименование ПО	Значение		
	сервер данных АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117»	программа проведения испытаний ГТД типа ТВ2-117А/АГ	программа проведения испытаний ГТД типа ТВ3-117 всех модификаций
Идентификационное наименование ПО	Server.exe	TV2-117_new.exe	TV3-117_new.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0	1.0	1.0
Цифровой идентификатор ПО	DB3F16BE7D67732CFC122ECAE27B7D21	ECE3E866EB7F149FC9AE982FA81D1606	4A5D1A4A539EE259DVA92F1191C6B200
Наименование ПО	ПО метрологических исследований	конфигуратор АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117»	конфигуратор измерительных ИК АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117»
Идентификационное наименование ПО	MetroControl.exe	all_configurator.exe	IO_IK_conf.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0	1.0	1.0
Цифровой идентификатор ПО	526A73D3D6EC17D6883AD27A295F869B	BB172767F06595FFC59AB25CF6C71552	621B2B4820A78BDE59B571ED0D3E97A0
Наименование ПО	Конфигуратор расчётных ИК АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117»		
Идентификационное наименование ПО	Calc_IK_conf.exe		
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0		
Цифровой идентификатор ПО	1D9B964572472448847B4E752A5E8676		

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

8.2 При положительных результатах поверки оформить свидетельство о поверке системы.

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

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

Ф.И. Храпов

Заместитель начальника НИО-10
ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.В. Мороз

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 и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления (в части измерений давления)	1 2 2 1 1 1	Избыточное давление жидкостей: от 0 до 0,157 МПа от 0 до 0,392 МПа от 0 до 0,588 МПа от 0 до 1,569 МПа от 0 до 3,923 МПа от 0 до 5,884 МПа	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП) ¹⁾	Преобразователи давления измерительные АИР-10Н-ДИ	$\pm 0,25\%$ (γ от ВП)	Модуль АЦП Adam-5017Н (Adam-4017)	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)					
								1	Избыточное давление воздуха (газов): от 0 до 0,981 МПа	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)		
								2	Разность давлений воздуха: от 0 до 0,981 кПа	± 50 Па(Δ) ²⁾	АИР-20/М2-ДД	$\pm 0,3\%$ (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 ТС, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры (в части измерений температуры)	2	Температура жидкостей: от 223 до 323 К (от -50 до +50 °С)	$\pm 1,5\%$ (γ от НЗ) ⁴ НЗ = 100°С	Термопреобразователь сопротивления ТП-9201-21	Класс допуска В по ГОСТ 6651-2009	Модуль АЦП Adam-4015	$\pm 0,15\%$ (γ от ВП)
	2	от 273 до 423 К (от 0 до +150 °С)	$\pm 1,5\%$ (γ от НЗ) НЗ = 150°С				
	8	Температура воздуха (газов): от 223 до 323 К (от -50 до +50 °С)	$\pm 0,5\%$ (δ)				
ИК массового расхода топлива	1	от 50 до 650 кг/ч	$\pm 0,5\%$ (δ)	Расходомер-счётчик жидкости ОР-40	$\pm 0,2\%$ (δ)	Преобразователь сигналов НПСИ-ЧВ-0-24	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)
						Модуль АЦП Adam-4017	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)
						Модуль АЦП Adam-4015	$\pm 0,15\%$ (γ от ВП)
ИК силы постоянного тока	1	от 0 до 1500 А	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП)	Шунт стационарный калибровочный 75ШСМ	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)	Преобразователь сигналов НПСИ-ТП-0-24	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)
						Модуль АЦП Adam-5017H	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)
ИК крутящего момента силы	1	от 0 до 1569 Н·м (от 0 до 160 кгс·м)	$\pm 0,5\%$ (γ от 0,5ВП) в диапазоне от 0 до 0,5ВП; $\pm 0,5\%$ (δ) в диапазоне от 0,5 ВП до 1,0ВП ВП = 1569 Н·м (160 кгс·м)	Датчик весоизмерительный тензометрический INTERFA CE 1210AF-10KN -B в комплекте с аппаратурой TEXCELVX	$\pm 0,04\%$ (γ от ВП)	Модуль АЦП Adam-5017H	$\pm 0,1\%$ (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
ИК крутящего момента силы	1	от 0 до 1569 Н·м (от 0 до 160 кгс·м)	±0,5 % (γ от 0,5ВП) в диапазоне от 0 до 0,5ВП; ±0,5 % (δ) в диапазоне от 0,5 ВП до 1,0ВП ВП = 1569 Н·м (160 кгс·м)	Датчик весоизмерительный тензометрический INTERFACE 1210AF-10 KN-B в комплекте с аппаратурой TEXCEL VX	±0,04 % (γ от ВП)	Модуль АЦП Adam-5017H	±0,1 % (γ от ВП)
ИК расхода (прокачки) масла	1	от 7,2 до 36 л/мин	±3,0 % (γ от ВП)	Турбинный преобразователь расхода ТПР10	±0,4 % (δ)	Преобразователь сигналов НПСИ-ЧВ-0-24.	±0,1 % (γ от ВП)
						Модуль АЦП Adam-4017	±0,1 % (γ от ВП)
ИК параметров вибрации	12	Виброскорость: от 0 до 80 мм/с в диапазоне частот от 120 до 320 Гц	±12,0 % (γ от ВП)	Вибропреобразователь МВ-43	±5,0 % (γ от ВП)	Аппаратура измерений роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М-9	±8,0 % (γ от ВП)
	2	Виброускорение: от 0 до 70 м/с ² в диапазоне частот от 150 до 375 Гц				Модуль АЦП Adam-5017H	±0,1 % (γ от ВП)
	2	Виброускорение: от 0 до 40 м/с ² в диапазоне частот от 100 до 200 Гц					

ИК массы масла и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям массы масла (в части измерений массы масла)	1	от 0 до 14 кг	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)	Датчик весоизмерительный тензорезистивный STCS 50	Класс точности С3 по ГОСТ 30129	Модуль АЦП Adam-4017	$\pm 0,1\%$ (γ от ВП)
--	---	---------------	-------------------------------	---	---------------------------------	----------------------	-------------------------------

- 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⁾ γ от НЗ – приведенная к нормированному значению (НЗ) погрешность.

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

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон изменений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК ¹⁾
ИК силы постоянного тока, соответствующей значениям давления воздуха (газов) и жидкостей	23	от 4 до 20 мА (от -0,098 до +3,923 МПа)	Преобразователи давления измерительные АИР-10L, АИР-10Н, АИР-20/М2	Модуль АЦП Adam-5017H	±0,2% (γ от ВП)
ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой ТС	5	от 100 до 160 Ом (от 0 до 162 °С)	Термопреобразователи сопротивления платиновые НСХ 100П по ГОСТ 6651-2009	Модуль АЦП Adam-4015	±0,2% (γ от ВП)
ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К)	80	от 0 до 45,119 мВ (от 0 до 1100 °С)	Термоэлектрические преобразователи ТХА(К) по ГОСТ Р 8.585-2001	Модуль АЦП Adam-4018	±0,2 % (γ от ВП)
	2			Преобразователь сигналов НПСИ-ТП-0-24 Модуль АЦП Adam-5017H	
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора свободной турбины	1	от 0 до 16500 Гц (от 0 до 16500 об/мин) (от 0 до 110%)	Датчик тахометрический МЭД-1	Модуль АЦП Adam-4080	±0,15 % (γ от ВП)
	1	от 400 до 800 Гц (от 7950 до 16050 об/мин) (от 53 до 107 %)	Датчик частоты вращения ДТА-10	Нормирующий преобразователь SCM5B45-02D. Модуль АЦП Adam-5017H	
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора турбины компрессора	1	от 10 до 90 Гц (от 2345 до 21100 об/мин) (от 12 до 108 %)	Датчик тахометра Д-2М	Нормирующие преобразователи: SCM5B45-01; SCM5B41-01D. Модуль АЦП Adam-5017H	±0,15 % (γ от ВП)
	1	от 100 до 1100 Гц (от 1950 до 21490 об/мин) (от 10 до 106 %)	Датчик частоты вращения ДЧВ-2500	Нормирующий преобразователь SCM5B45-02D. Модуль АЦП Adam-5017H	

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон изменений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК ¹⁾
Напряжение постоянного тока	2	от 0 до 50 В	Универсальный аэродромный выпрямитель AV2 с функцией регулировки выходного напряжения	Преобразователь сигналов ИПСИ-ДНТН-0-24 Модуль АЦП Adam-5017H	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП)
Напряжение постоянного тока	7	от 0 до 10 В	Любые датчики с выходным сигналом напряжения постоянного тока 0...10 В	Модуль аналогового ввода Adam-5017H	$\pm 0,2\%$ (γ от ВП)
Напряжение постоянного тока, соответствующего значениям массы масла	1	0 до 20 мВ (от 0 до 14 кг)	Датчик весоизмерительный тензорезистивный STCS 50	Модуль аналогового ввода Adam-4017	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП)

¹⁾ Пределы допускаемой основной погрешности ИК приведены в таблице 3 без учета погрешностей ПИП

Приложение Б

Методика проведения поверки и обработки результатов поверки ИК

1. Методика проведения 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_0 до X_p при прямом ходе; p контрольных значений входной величины X_k в порядке убывания от X_p до X_0 при обратном ходе.

$$X_k = X_0 + [(X_p - X_0)/p] \cdot k, \quad (\text{Б.1})$$

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

X_0, 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 градуировки ИК

2.1 Обработку результатов градуировки проводить программой «MetroControl.exe» по алгоритму настоящей методики, руководствуясь документом УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.001 РПр. 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 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).

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

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

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 по формуле (Б.9):

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

где $\Delta_{РЭТ}$ – погрешность РЭТ;

$\tilde{\Delta}_{oska}$ – абсолютная НСП ИК, обусловленная погрешностью аппроксимации.

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

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

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

2.4.1.2 Определить доверительные границы случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой k -той контрольной точке по формуле (Б.11):

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

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.12):

$$\tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (x'_{ik} - x'_k)^2 + \sum_{i=1}^l (x''_{ik} - x''_k)^2}{2l - 1}}, \quad (\text{Б.12})$$

где x'_{ik}, x''_{ik} - приведенные по входу значения результатов наблюдений на k -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно;

x'_k, x''_k - приведенные по входу средние значения результатов наблюдений на k -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно, определяются по формулам (Б.13);

$$x'_k = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x'_{ik}, \quad (\text{Б.13})$$

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

$\tilde{H}_{ок}$ - абсолютное значение вариации, определяется по формуле (Б.14):

$$\tilde{H}_{ок} = |x'_k - x''_k| \quad (\text{Б.14})$$

2.4.1.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК на каждой k -той контрольной точке по формулам (Б.15):

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{оск} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0.8, \end{aligned} \quad (\text{Б.15})$$

$$\tilde{\Delta}_{окабс} = \left(\sqrt{\frac{\tilde{\Delta}_{оск}^2}{3} + \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}^2} \right) \cdot \frac{\tilde{\Delta}_{оск} + \tilde{\Delta}_{ок}}{\tilde{\Delta}_{оск} / \sqrt{3} + \tilde{\sigma}_{\Delta_{ок}}} \quad \text{при } 8 > \tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок} > 0.8.$$

2.4.1.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК по формуле (Б.16):

$$\tilde{\Delta}_o = \max(\tilde{\Delta}_{окабс}) \quad (\text{Б.16})$$

2.4.2 Определение характеристик погрешности ИК при комплектной проверке с оценкой МХ ИК по МХ элементов системы.

2.4.2.1 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК давления по формуле (Б.17):

$$\Delta_d = ВП_{дд} \cdot (\gamma P_{дд} + \gamma I_{АЩП}) / 100, \quad (\text{кПа, МПа, кгс/см}^2, \text{ мм вод. ст.}) \quad (\text{Б.17})$$

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

$\gamma P_{\text{ДЦ}}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности измерений датчика давления, %;

$\gamma I_{\text{АЦП}}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности модуля АЦП (Adam-5017H, Adam-5017), %.

2.4.2.2 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления (ТСР), по формуле (Б.18):

$$\Delta_T = \Delta T_{\text{ТСР}} + \Delta T_{\text{АЦП}}, \text{ К (}^\circ\text{C)}, \quad (\text{Б.18})$$

где $\Delta T_{\text{ТСР}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности ПИП (ТСР) по ГОСТ 6651-2009, К ($^\circ\text{C}$);

$\Delta T_{\text{ЛТР}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры модулем АЦП (Adam-4015), К ($^\circ\text{C}$).

2.4.2.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК силы постоянного тока по формуле (Б.19):

$$\tilde{\Delta}_o = I \cdot (\gamma_{\text{шунт}} + \gamma_{\text{ИК}_U}) / 100, \text{ А}, \quad (\text{Б.19})$$

где I – измеренное значение силы постоянного тока, А;

$\gamma_{\text{шунт}}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности ПИП (шунт постоянного тока 75ШИСВ), %;

$\gamma_{\text{ИК}_U}$ – значение приведенной погрешности ИК силы постоянного тока без ПИП, %;

2.4.2.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК массового расхода топлива по формуле (Б.20):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot G_m \cdot \sqrt{(\Delta(F)/F)^2 + (\Delta(Q)/Q)^2 + (\Delta(\rho)/\rho)^2}, \text{ кг/с}, \quad (\text{Б.20})$$

где G_m – измеренное значение массового расхода топлива, кг/с;

$\Delta(Q)/Q$ – значение относительной погрешности ПИП (ОР-40);

$\Delta(F)/F$ – значение относительной погрешности ИК массового расхода топлива без ПИП;

$\Delta(\rho)/\rho$ – значение относительной погрешности измерений плотности топлива:

$$\Delta\rho/\rho = \Delta\rho_o/\rho_o + \gamma \cdot \Delta t/\rho_o, \quad (\text{Б.21})$$

где $\Delta\rho_o$ – абсолютная погрешность измерений плотности топлива ареометром АНТ-2, кг/м³;

ρ_o – номинальная плотность топлива при 20 $^\circ\text{C}$, кг/м³;

γ – температурный коэффициент плотности топлива, кг $^\circ\text{C}^{-1}$ /м³;

Δt – абсолютная погрешность измерений температуры топлива с помощью ТС, $^\circ\text{C}$.

2.4.2.5 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК расхода (прокачки) масла по формуле (Б.22):

$$\tilde{\Delta}_o = G_m \cdot (\Delta(F)/F + (\Delta(Q)/Q)), \text{ л/мин}, \quad (\text{Б.22})$$

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

$\Delta(Q)/Q$ – значение относительной погрешности ПИП (турбинный преобразователь расхода ТПР10);

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

2.4.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК параметров вибрации по формуле (Б.23):

$$\tilde{\Delta}_{III} = 1,1 \cdot \sqrt{\tilde{\Delta}_a^2 + \tilde{\Delta}_f^2 + \Delta_{II}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{рэт}^2}, \text{ мм/с (для виброскорости), м/с}^2 \text{ (для виброускорения), (Б.23)}$$

где $\tilde{\Delta}_a$ - абсолютная погрешность измерений параметров вибрации из-за нелинейности АЧХ, мм/с, м/с²;

$\tilde{\Delta}_f$ - абсолютная погрешность измерений параметров вибрации из-за неравномерности АЧХ, мм/с, м/с²;

Δ_{II} - дополнительная абсолютная погрешность вибропреобразователя, обусловленная его поперечной чувствительностью, мм/с, м/с². $\Delta_{II} = \Delta n_{пасп} / 2$, где $\Delta n_{пасп}$ - паспортное значение погрешности вибропреобразователя, обусловленной его поперечной чувствительностью;

Δ_t - дополнительная абсолютная погрешность вибропреобразователя, обусловленная влиянием температуры на его коэффициент преобразования, мм/с, м/с²:

$$\Delta_t = \frac{\Delta_{III}}{T} \Delta T, \quad (\text{Б.24})$$

где Δ_{III} - паспортное значение изменения коэффициента преобразования ПИП в заданном диапазоне температур T , мм/с, м/с²;

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

$\Delta_{рэт}$ - абсолютная погрешность РЭТ вибрации, мм/с, м/с².

2.4.4 Определить доверительные границы приведенной к верхнему пределу измерений (ВП) погрешности ИК по формуле (Б.25):

$$\tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{ВП} \cdot 100, \% \quad (\text{Б.25})$$

2.4.5 Определить доверительные границы приведенной к 0,5 ВП погрешности ИК по формуле (Б.26):

$$\tilde{\gamma}_o^* = \frac{\tilde{\Delta}_o}{0,5ВП} \cdot 100, \% \quad (\text{Б.26})$$

2.4.6 Определить доверительные границы приведенной к нормированному значению измеряемой величины (НЗ) погрешности ИК по формуле (Б.27):

$$\tilde{\gamma}_o^{**} = \frac{\tilde{\Delta}_o}{НЗ} \cdot 100, \% \quad (\text{Б.27})$$

2.4.7 Определить доверительные границы относительной погрешности ИК от измеряемой величины (ИВ) по формуле (Б.28):

$$\tilde{\delta}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{ИВ} \cdot 100, \% \quad (\text{Б.28})$$

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 $2m_1-1$	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 №..... определения погрешностей измерений ИК системы измерительной
СИ-1/ТВ2/ТВ3, зав. №АО «УЗГА»

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
Системы измерительные СИ-1/ТВ2/ТВ3.
Методика поверки 404.172 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 представ-
лены в рабочей папке №.....

Результаты метрологических исследований систем измерительных СИ-1/ТВ2/ТВ3 пред-
ставлены в таблицах 1 и 2.

Условия исследований:

- число ступеней нагружения $p = \dots\dots\dots$
- число циклов нагружения $l = \dots\dots\dots$
- число опросов на точке $m = \dots\dots\dots$

Расчет суммарной погрешности проводится по формулам методики поверки «Системы измерительные СИ-1/ТВ2/ТВ3. Методика поверки.404.172 МП

Таблица 1 – Результаты метрологических исследований ИК систем, 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 систем 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

**Приложение Д
(справочное)**

Перечень эксплуатационных и нормативных документов

Обозначение	Наименование
ГОСТ 8.009-2009 ГСИ	Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ	Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения
ГОСТ 22261-94	Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия
ОСТ 1 01021-93	Стенды для испытаний авиационных ГТД в наземных условиях. Общие технические требования
ГОСТ 8.461-2009 ГСИ	Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки
ГОСТ 6651-2009 ГСИ	Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний
Р 50.2.041-2004	ГСИ. Ареометры стеклянные. Методика поверки
НКГЖ.406233.018МП	Преобразователи давления измерительные АИР-10. Методика поверки (утверждена ФГУП «ВНИИМС» 23.01.2014 г.)
НКГЖ.406233.028МП	Преобразователи давления измерительные. Методика поверки (утверждена ФГУП «ВНИИМС» 12.10.2015 г.)
КУНИ.407279.001 МП	Расходомеры-счётчики жидкости и газа. Методика поверки (утверждена ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИ МО РФ в январе 2000 г.)
ЛГФИ407221.034 МИ	Преобразователи расхода турбинные ТПР. Методика поверки (утверждена ГНИИ МО РФ 29 мая 2003 г.)
МИ1991-89	ГСИ. Шунты постоянного тока. Методика поверки
МИ 2083-90	Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей
УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.001РЭ	Система измерительная СИ-1/ТВ2/ТВ3. Руководство по эксплуатации
УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.001 ФО	Система измерительная СИ-1/ТВ2/ТВ3. Формуляр
УРАБ.СИ-1/ТВ2/ТВ3.002 ФО	Система измерительная СИ-1/ТВ2/ТВ3. Формуляр
УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.001 РП	Автоматизированная информационно-измерительная система АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117». Руководство пользователя при испытаниях ГТД типа ТВ2-117А/АГ
УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.002 РП	Автоматизированная информационно-измерительная система АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117». Руководство пользователя при испытаниях ГТД типа ТВ3-117 всех модификаций
УРАБ.АИИС/ТВ2/ТВ3.001 РПр	Автоматизированная информационно-измерительная система АИИС «ТВ2-117/ТВ3-117». Руководство программиста