

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Система измерительная СИ-1/Р-0475

Методика поверки

404.173 МП

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ОБОЗНАЧЕНИЯ | 3 |
| ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ | 4 |
| 1 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ | 4 |
| 2 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ | 5 |
| 3 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ | 6 |
| 4 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ | 6 |
| 5 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ | 6 |
| 6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ | 6 |
| 7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ | 6 |
| 8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ | 7 |
| 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ | 8 |
| 10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ | 13 |
| Приложение А | 14 |
| Приложение Б | 18 |
| Приложение В | 22 |
| Приложение Г | 23 |

ОБОЗНАЧЕНИЯ

МП – методика поверки;

ИК – измерительный канал;

СИ – средство измерений;

ПО – программное обеспечение;

МХ – метрологические характеристики;

ВП – верхний предел диапазона измерений;

ИВ – измеренная величина;

НЗ – нормированное значение;

ПИП – первичный измерительный преобразователь;

ТПР – турбинный преобразователи расхода;

ТС – термопреобразователь сопротивления;

РЭТ– рабочий эталон;

РЭ – руководство по эксплуатации;

ТД – техническая документация;

ПК – персональный компьютер.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящий документ «Система измерительная СИ-1/Р-0475. Методика поверки. 404.173 МП» распространяется на систему измерительную СИ-1/Р-0475 (далее – система), заводской номер 001, изготовленную фирмой ZF Luftfahrttechnik GmbH, Германия, и устанавливает порядок, методы и объем ее первичной и периодической поверок.

Необходимо обеспечение прослеживаемости поверяемой системы к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 1-2018, ГЭТ 149-2010, ГЭТ 14-2014, ГЭТ 118-2017, ГЭТ 43-2013, ГЭТ 23-2010, ГПЭ-1.

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений и косвенных измерений.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1.1 Поверка ИК системы 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.

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

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

Таблица 1

| Наименование операции | Номер пункта МП | Проведение операции при | |
|--|-----------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке (после ремонта) | периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр | 7.1 | да | да |
| 2 Опробование | 7.2 | да | да |
| 3 Определение метрологических характеристик | 7.3 | да | да |
| 3.1 Определение погрешностей измерений давления жидкостей ^{1), 2)} | 7.3.1 | да | да |
| 3.2 Определение погрешностей измерений температуры жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления (ТС), и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры ^{1), 2)} | 7.3.2 | да | да |
| 3.3 Определение погрешностей частоты вращения приводов и измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения приводов ¹⁾ | 7.3.3 | да | да |
| 3.4 Определение погрешности измерений расхода (прокачки) масла ²⁾ | 7.3.4 | да | да |
| 3.5 Определение погрешности измерений крутящего момента силы ¹⁾ | 7.3.5 | да | да |
| 4 Идентификация ПО | 7.4 | да | да |
| ¹⁾ Поверка осуществляется комплектным способом | | | |
| ²⁾ Поверка осуществляется поэлементным способом | | | |

1.3 Допускается сокращенная поверка системы измерительной в соответствии с требованиями программ испытания изделий для измерительного контроля параметров, которых она предназначена.

1.4 Допускается независимая поверка каждого ИК, в том числе после ремонта (в объеме первичной), с обязательным указанием об этом в свидетельстве о поверке системы измерительной.

2 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

| Номер пункта МП | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательно-го 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-150-А, диапазон измерений избыточного давления от 0 до 600 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-ДИ-190-А, диапазон измерений избыточного давления от 0 до 60 МПа, пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: $\pm 0,03$ в диапазоне от $P/3$ до $1,0 P$ и $0,01 \cdot P_{\max}/P$ в диапазоне от 0 до $P/3$, где P – значение давления |
| 7.3.1, 7.3.2 | Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-260: диапазон воспроизведения сопротивления от 0 до 180 Ом, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения сопротивления $\pm 0,015$ Ом |
| 7.3.2 | Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом ТСМУ-Ех-2221: диапазон измерения температуры от 0 до 180 °С, пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,25$ % |
| 7.3.3, 7.3.4 | Генератор сигналов специальной формы SFG-2004: диапазон воспроизведения частоты от 0,1 Гц до 4 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm (2 \cdot 10^{-5} \cdot F + 0,0001)$ Гц, где F – значение частоты |
| 7.3.3 | Тахометр универсальный цифровой Testo 470: диапазон измерений от 0 до 99999 об/мин, пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 0,02$ % |
| 7.3.5 | Датчик крутящего момента силы ТВ2: диапазон измерений от 0 до 100 Н·м, пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,03$ % Датчик крутящего момента силы ТВ2: диапазон измерений от 0 до 5 кН·м, пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,03$ % |
| <i>Вспомогательные средства поверки</i> | |
| 7.3.1 - 7.3.5 | Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1: диапазон измерений абсолютного давления от 600 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,33$ гПа Термогигрометр для непрерывных измерений Testo 608-H1: диапазон измерений относительной влажности воздуха от 15 до 85 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха $\pm 3,0$ %, диапазон измерений температуры воздуха от 0 до 50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха $\pm 0,5$ °С |
| 7.3.2 | Термостат «ЭЛЕМЕР-Т-150»: диапазон воспроизводимых температур от минус 10 до 150 °С, нестабильность поддержания температуры за 30 мин, $(0,0015 + 0,0003 \cdot t)$ °С, где t – значение температуры |

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

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены в соответствии с требованиями приказа Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020, иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах) и (или) запись во ФГИС «Аршин».

3 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

3.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска по электробезопасности не ниже 2.

4 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Поверку проводить при следующих условиях (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха, °С (К).....от 15 до 25 (от 288 до 298);
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....от 720 до 800 (от 96 до 106,7);
- напряжение сети переменного тока, В.....от 198 до 242;
- частота переменного тока, Гцот 49,6 до 50,4.

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 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 При внешнем осмотре установить соответствие системы следующим требованиям:

- комплектность согласно формуляру УРАБ.СИ-1/Р-0475.001ФО;
- маркировку согласно руководству по эксплуатации УРАБ.СИ-1/Р-0475.001 РЭ;
- наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам);
- герметичность линий измерения давлений.

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

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеприведенные требования.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При подготовке к поверке провести следующие работы:

- проверить комплектность проектно-технологической и эксплуатационной документации системы;
- эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны соответствовать требованиям Положения об эталонах единиц величин (постановление правительства РФ от 23.09.2010 № 734);

- проверить наличие сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде средств измерений утвержденного типа, входящих в состав системы;
- подготовить к работе все приборы и аппаратуру согласно их РЭ;
- собрать схемы поверки ИК, приведенные ниже, проверить целостность электрических цепей;
- обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК;
- включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
- включить питание ПИП и аппаратуры системы не менее чем за 30 мин до начала проведения поверки;
- создать, проконтролировать и записать в протокол условия проведения поверки.

7.2 Опробование

Перед началом работ проверить оборудование и включить систему, руководствуясь документом УРАБ.СИ-1/Р-0475.001 РЭ.

При опробовании проверить правильность функционирования ИК системы.

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

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

8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

8.1 Идентификация ПО

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с УРАБ 73.СТ. 126.00.00.000.

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.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

| Наименование ПО | Значение | |
|---|--|---|
| | Файл привязки измеряемых и расчётных каналов, создаваемых ПЛК, к системе визуализации и управления стендом | Файл скриптов расчёта мощностей загрузки левой и правой МСХ, валов несущего и хвостового винтов |
| Идентификационное наименование ПО | Tagname.x | 00000034.dch |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | V. 1.0.17640 | V. 1.0.17640 |
| Цифровой идентификатор ПО | 3FA3A3FCD1292EB7304FECC D9BB032B3 | 305BF5687980648198FD7D556 EBAD555 |

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.3.1 Определение погрешностей измерений давления жидкостей

9.3.1.1 Погрешности измерений давления жидкостей определить одним из 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, IFM PA 3021, IFM PA 3023) 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 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) ИК давления с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку ПИП (АИР-10Н; IFM PA 3021; IFM PA 3023) по утвержденным методикам поверки;

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

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

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

9.3.1.2 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей измерений давления жидкостей в заданных диапазонах измерений находятся в допустимых пределах, указанных в графе 4 таблицы А.1 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

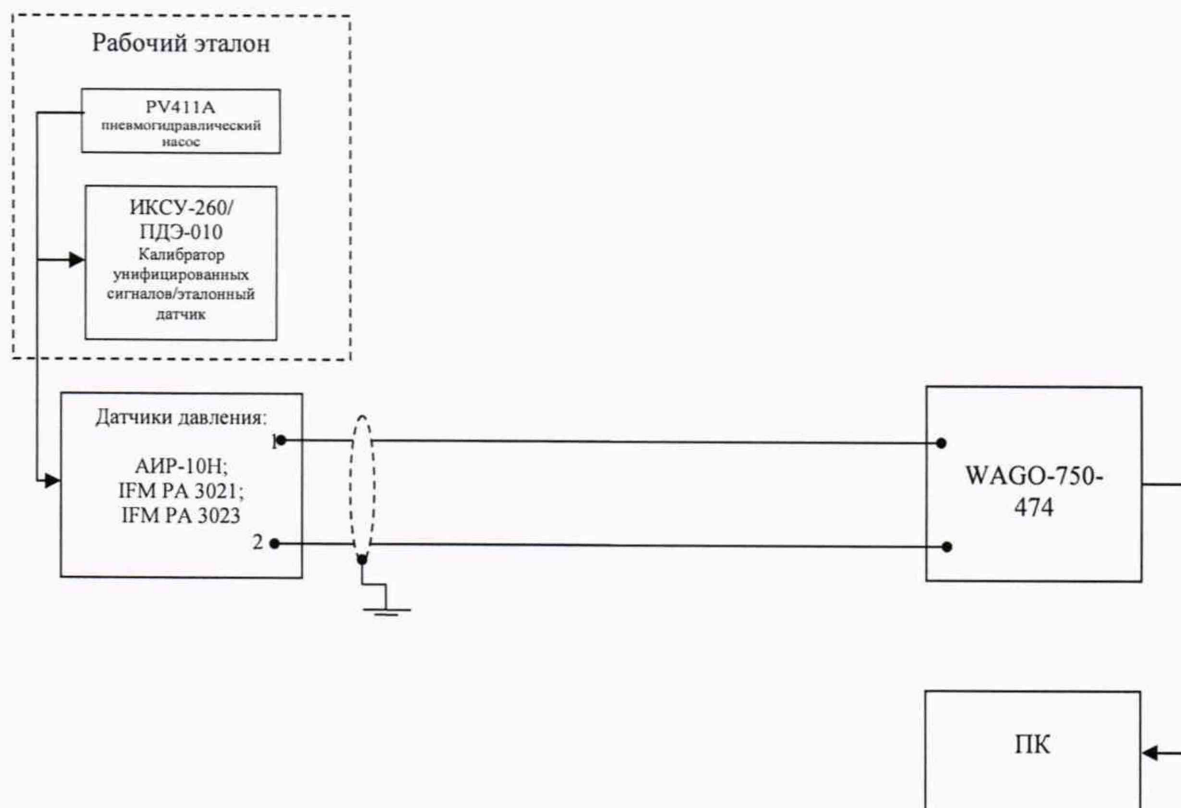


Рисунок 1 – Схема поверки ИК давления жидкостей РЭТ ИКСУ-260/ПДЭ-010

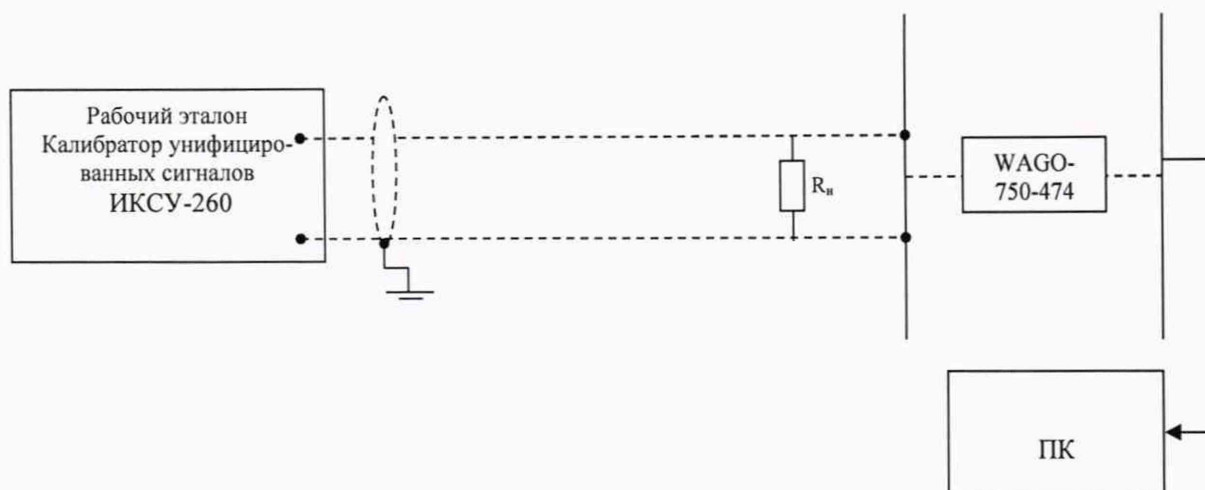


Рисунок 2 - Схема поверки поэлементным способом ИК давления рабочим эталоном ИКСУ-260

9.3.2 Определение погрешностей измерений температуры жидкостей, измеряемой ТС, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры.

9.3.2.1 Погрешности измерений температуры 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 ИК температуры к РЭТ (Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом ТСМУ-Ех-2221 и термостат «ЭЛЕМЕР-Т-150») по схеме, приведенным 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.

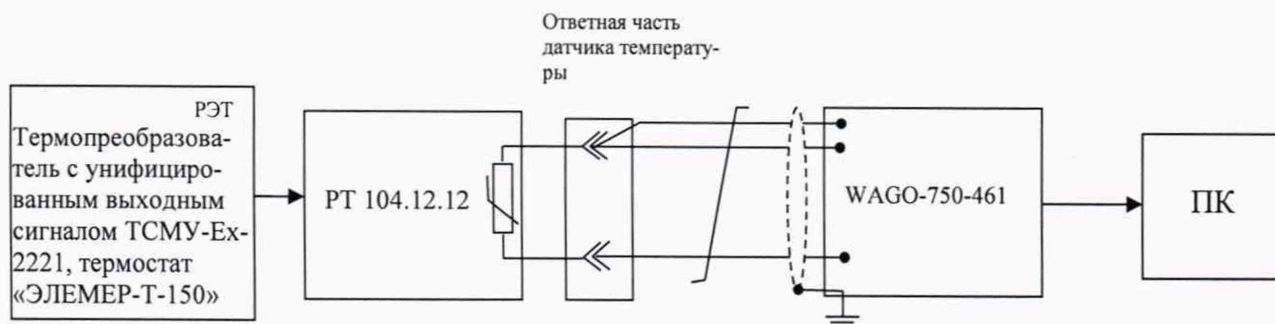


Рисунок 3 - Схема поверки ИК температуры, измеряемой ТС, РЭТ «Термостат «ЭЛЕМЕР-Т-150»»

- 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, ТС1288/5 по МП ГОСТ 8.461-2009;
 - подключить ИК без ПИП к РЭТ (калибратор ИКСУ-260) по схеме, приведенной на рисунке 4;
 - провести градуировку ИК температуры без ПИП по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;
 - оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

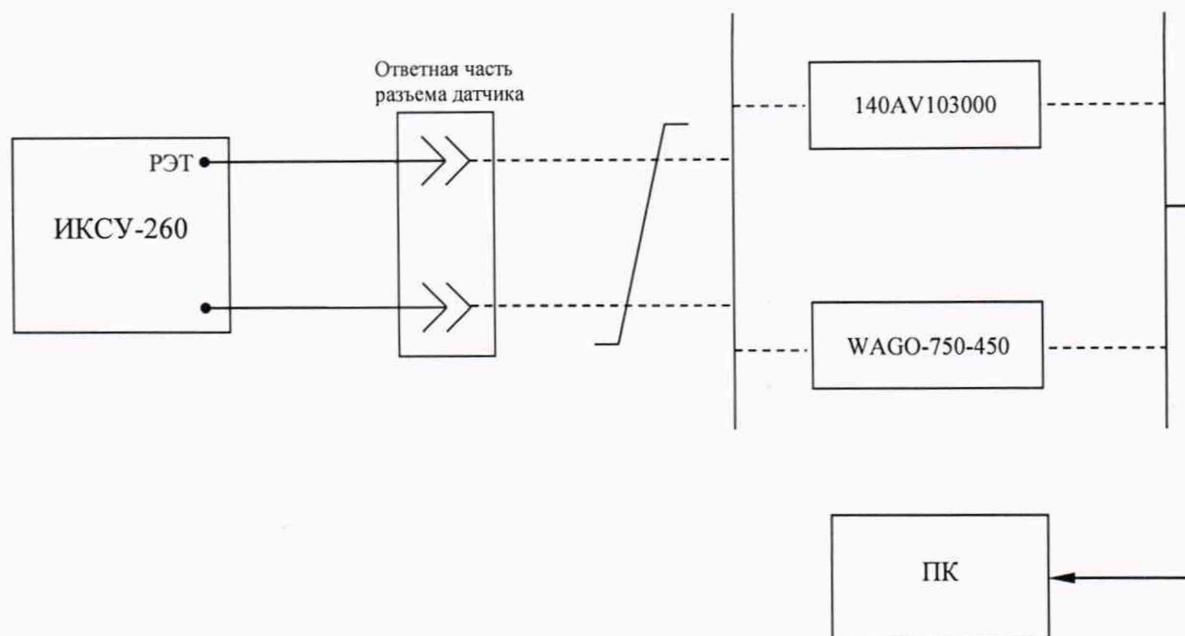


Рисунок 4 - Схема поверки ИК температуры без ПИП (ТП-9201-21, ТС1288/5) РЭТ ИКСУ-260

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

- подключить ИК сопротивления постоянному току к РЭТ (калибратор ИКСУ-260) по схеме, приведенной на рисунке 5;

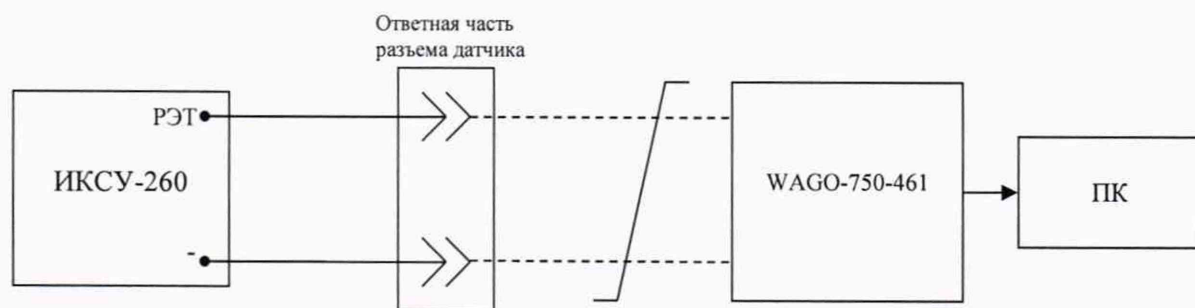


Рисунок 5 - Схема поверки ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, РЭТ ИКСУ-260

- 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.

9.3.2.3 Результаты поверки считать положительным, если значения погрешностей измерений температуры жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры в заданных диапазонах измерений, находятся в допускаемых пределах, указанных в графе 4 таблицы А.1 и в графе 6 таблицы А.2 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

9.3.3 Определение погрешностей измерений частоты вращения приводов и частоты электрических сигналов, соответствующих значениям частоты вращения приводов

9.3.3.1 Погрешности измерений частоты вращения приводов определить комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки в следующей последовательности:

- на вал привода поверяемого ИК прикрепить светоотражающую метку для отсчитывания показаний с РЭТ (тахометр Testo 470) согласно схеме, приведенной на рисунке 6;
- провести градуировку ИК частоты вращения 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.

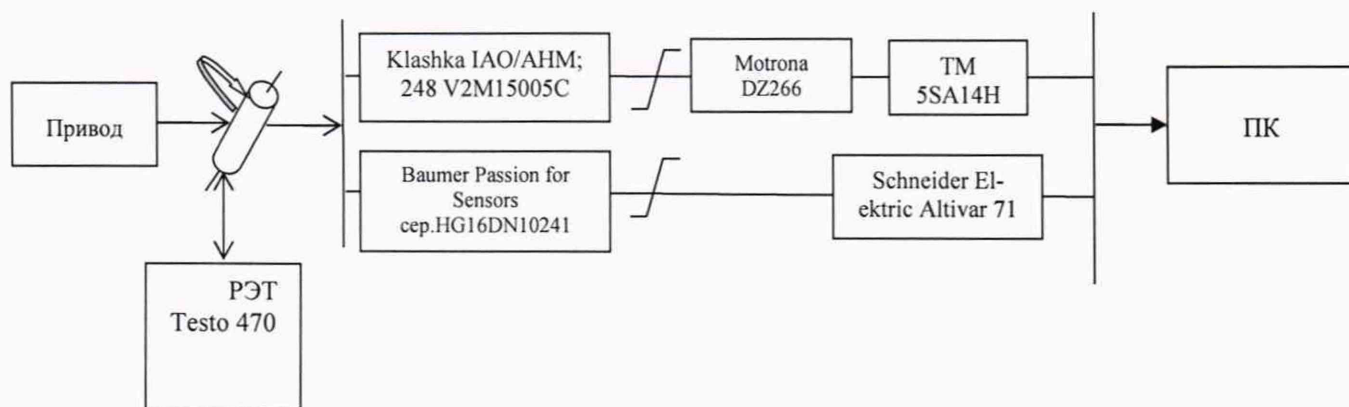


Рисунок 6 - Схема поверки ИК частоты вращения приводов, РЭТ Testo 470

9.3.3.2 Погрешности измерений частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения приводов, 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 SFG-2004) согласно схеме, приведенной на рисунке 7;

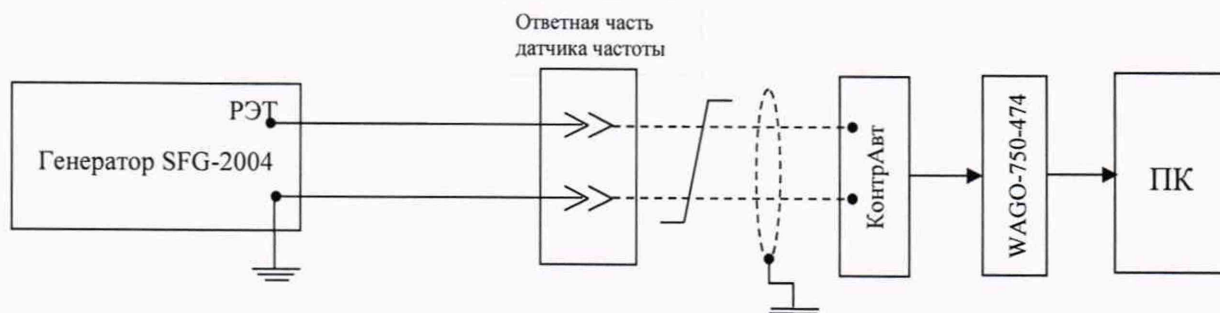


Рисунок 7 - Схема поверки ИК частоты электрических сигналов, соответствующей частоте вращения привода, РЭТ SFG-2004

- провести градуировку ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения приводов, по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ контрольные значения частоты электрического сигнала синусоидальной формы с амплитудой 10 В для измерительной схемы, приведенной на рисунке 7;

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

9.3.3.3 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей измерений частоты вращения приводов и частоты электрических сигналов, соответствующих значениям частоты вращения приводов, в заданных диапазонах измерений находятся в допустимых пределах, указанных в графе 4 таблицы А.1 и в графе 6 таблицы А.2 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

9.3.4 Определение погрешностей расхода (прокачки) масла

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

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

- отсоединить электрический кабель датчика ТПР от ИК и с помощью жгута-переходника подключить к этому кабелю РЭТ (генератор сигналов SFG-2004) по схеме, приведенной на рисунке 8;

- 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.

9.3.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной погрешности измерений (от НЗ) расхода (прокачки) масла в диапазоне от 24 до 240 л/мин, находятся в пределах $\pm 3,0\%$. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

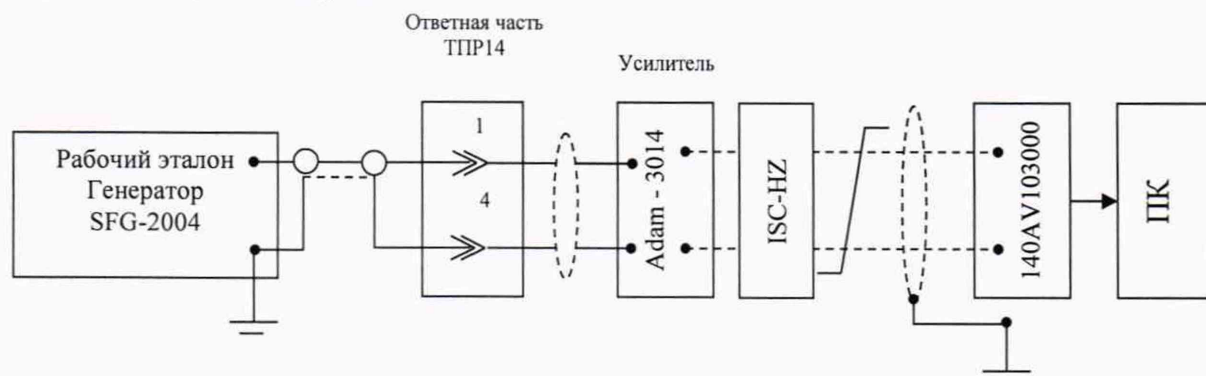


Рисунок 8 – Схема поверки ИК расхода (прокачки) масла без ПИП (ТПР14) РЭТ SFG-2004

9.3.5 Определение погрешностей крутящего момента силы

9.3.5.1 Погрешность измерений КМС 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 по методике раздела 1 приложения Б;

П р и м е ч а н и е - При проведении градуировки ИК подход к измеряемому значению должен осуществляться медленно с одной стороны, соответствующей ходу градуировочной характеристики. Перемена знака приращения нагрузки в процессе уменьшения нагрузки (или увеличения) не допускается. Прямая ветвь градуировочной характеристики снимается в результате прямого хода (увеличения нагрузки) градуировки ИК, обратная ветвь градуировочной характеристики снимается в результате обратного хода (уменьшения нагрузки). Один прямой и один следующий за ним обратный ход градуировки составляют один цикл градуировки ИК.

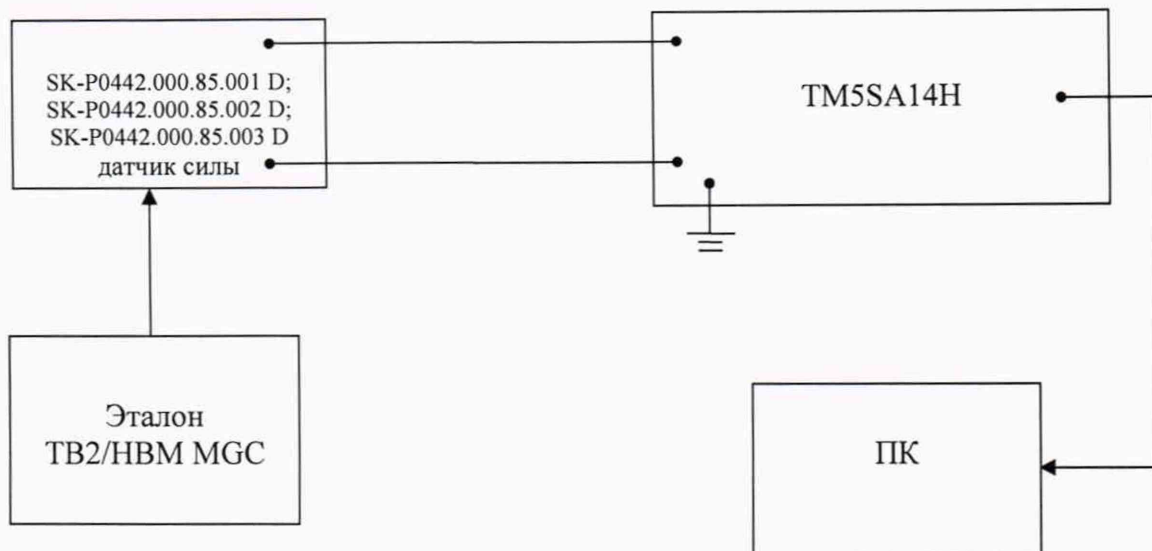


Рисунок 9 – Схема поверки ИК крутящего момента силы, РЭТ ТВ2/НВМ MGC

– оценить МХ ИК крутящего момента силы в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 приложения Б.

9.3.5.2 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей крутящего момента силы, в заданных диапазонах измерений находятся в допустимых пределах, указанных в графе 4 таблицы А.1 приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки системы занести в протокол.

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

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

Заместитель начальника ННО-10
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Ф.И. Храпов

В.В. Мороз

Приложение А

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

| Характеристики ИК | | | | Состав ИК | | | |
|---------------------------|---------------|--------------------------------|--|---|--|--|--|
| Наименование ИК | Количество ИК | Диапазон измерений | Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий) | ПИП | | Вторичная часть ИК | |
| | | | | Тип | Пределы допускаемой основной погрешности | Тип аппаратуры | Пределы допускаемой основной погрешности |
| ИК крутящего момента силы | 1 | от 1 до 90 Н·м | ±0,5 % (γ от ВП) в диапазоне от 0 до 0,5ВП; ±0,5 % (δ) в диапазоне от 0,5ВП до 1,0ВП | Manner Sensesortelemetri cep.MF | линейность ±0,1 % (γ) | Manner Sensesortelemetri Evaluation Unit Schneider Electric TM5SA14H | ±0,01 % (γ от ВП) |
| | 2 | от 1 до 50 Н·м | ±0,5 % (γ от ВП) в диапазоне от 0 до 0,5ВП; ±0,5 % (δ) ² в диапазоне от 0,5ВП до 1,0ВП | | | | |
| | 3 | от 1 до 1400 Н·м | ±0,5 % (γ от ВП) в диапазоне от 0 до 0,5ВП; ±0,5 % (δ) в диапазоне от 0,5ВП до 1,0ВП | | | | |
| ИК давления жидкостей | | Избыточное давление жидкостей: | ±1,0 % (γ от ВП) ¹⁾ | Преобразователи давления измерительные АИР-10Н-ДИ | ±0,25 % (γ от ВП) | Модуль WAGO-750-474 | ±0,1 % (γ от ВП) |
| | 1 | от 0 до 0,588 МПа | | Датчики давления IFM PA3021, IFM PA 3023. | | | |
| | 1 | от 0 до 15,691 МПа | | | | | |
| | 2 | от 0 до 2,452 МПа | | | | | |
| | 3 | от 0 до 17,652 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 частоты вращения | 1 | от 25 до 252 об/мин | $\pm 0,2\%$ (γ от ВП) | Klashka IAD/АПМ Motrona DZ266 | $\pm 0,1\%$ (γ от ВП) | Schneider Electric TM5SA14H | $\pm 0,01\%$ (γ от ВП) |
| | 1 | от 350 до 3500 об/мин | | Lenord&Bauer 248V2M15005C Motrona DZ266 | | | |
| | 1 | от 5700 до 6200 об/мин | | Baumer HG16DN10241 | | Schneider Electric Altivau71 | |
| | 2 | от 7800 до 8400 об/мин | | Klashka IAD/АПМ | | Schneider Electric TM5SA14H | |
| | 2 | от 3000 до 15500 об/мин | | Motrona DZ266 | | | |
| ИК расхода (прокачки) масла | 1 | от 24 до 240 л/мин | $\pm 3\%$ (γ от НЗ) НЗ = 240 л/мин | Турбинный преобразователь расхода ТПР14 | $\pm 0,4\%$ (δ) | Нормализатор сигнала Adam-3014 | $\pm 0,1\%$ (γ от ВП) |
| | | | | | | Нормализатор сигнала Omega ISH-HZ | $\pm 0,2\%$ (γ от ВП) |
| | | | | | | Schneider Electric 140AV103000 | $\pm 0,05\%$ (γ от ВП) |

- 1) γ от ВП- приведенная к верхнему пределу (ВП) измерений погрешность;
- 2) δ – относительная от измеряемой величины (ИВ) погрешность;
- 3) γ от НЗ – приведенная к нормированному значению (НЗ) погрешность

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

| Наименование ИК | Количество ИК | Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы) | Источник сигнала на входе ИК | Тип аппаратуры ИК | Пределы допускаемой основной погрешности ИК* |
|--|---------------|--|--|--|--|
| ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры (в части измерений сопротивления постоянному току) | 2 | от 100 до 138,51 Ом (от 0 до 100 °С) | Термопреобразователи сопротивления платиновые НСХ Pt 100 по ГОСТ 6651-2009 TF7/E-10/100 | Модуль АЦП WAGO-750-461 | ±0,2% (γ от ВП) |
| | 11 | от 100 до 157,33 Ом (от 0 до 150 °С) | Термопреобразователи сопротивления платиновые НСХ Pt 100 по ГОСТ 6651-2009 PT104.12.12M IFM TT0281 | | |
| ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения приводов | 2 | от 10 до 90 Гц (от 10 до 100%) | Датчик тахометрический Д-1М | Нормализатор сигнала: «КонтрАвт» Модуль АЦП: WAGO-750-474 | ±0,2 % (γ от ВП) |
| * Пределы допускаемой основной погрешности ИК приведены в таблице 3 без учета погрешностей ПИП | | | | | |

Приложение Б

Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

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_o до X_p при прямом ходе; p контрольных значений входной величины X_k в порядке убывания от X_p до X_o при обратном ходе;

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

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

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

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

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

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

При проверке принять следующие значения параметров градуировки p, l, m :

$$p \geq 5, l \geq 5, m \geq 10.$$

2 Порядок обработки результатов градуировки ИК

2.1 Обработку результатов градуировки проводить по алгоритму настоящей методики. 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 при $P=0,95$ по формуле (Б.9):

$$\tilde{\Delta}_{osk} = \sqrt{\tilde{\Delta}_{oska}^2 + \Delta_{PЭТ}^2}, \quad (\text{Б.9})$$

где $\Delta_{PЭТ}$ – 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):

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

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 при $P = 0,95$ по формуле (Б.11):

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

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):

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

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);

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

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

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

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

2.4.1.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК на каждой k -той контрольной точке при $P = 0,95$ по формулам (Б.15):

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{оск} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8 \quad , \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} && \text{при } (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0,8 \quad , \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \left(\sqrt{\frac{\tilde{\Delta}_{оск}^2}{3} + \tilde{\sigma}_{[\Delta_{ок}]}^2} \right) \cdot \frac{\tilde{\Delta}_{оск} + \tilde{\Delta}_{ок}}{\tilde{\Delta}_{оск} / \sqrt{3} + \tilde{\sigma}_{\tilde{\Delta}_{ок}}} && \text{при } 8 > \tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок} > 0,8 \quad . \end{aligned} \quad (\text{Б.15})$$

2.4.1.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК при $P=0,95$ по формуле (Б.16):

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

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

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

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot P \cdot \sqrt{(\delta IK_I)^2 + \delta P^2 / 100}, \quad (\text{Б.17})$$

где P – измеренное значение давления, кгс/см²;

δP – значение относительной погрешности ПИП (датчики давления АИР-10Н, ШАБ 3Ф 3021, ШАБ 3Ф 3023), %. Значение погрешности δP берется из протокола поверки датчика, либо из паспорта на датчик;

δIK_I – значение относительной погрешности ИК постоянного тока (без ПИП), %.

2.4.2.2 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК температуры, измеряемой термопреобразователями сопротивления (ТСП), при $P = 0,95$ по формуле (Б.18):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot \sqrt{(\Delta_{IK_T})^2 + (\Delta T)^2}, \quad (\text{Б.18})$$

где T – измеренное значение температуры, °С;

ΔT – значение абсолютной погрешности ПИП (ТСП), °С. Значение погрешности ΔT определяется по ГОСТ 6651-2009, либо берется из протокола поверки ПИП или паспорта на датчик;

Δ_{IK_T} – значение абсолютной погрешности ИК температуры (без ПИП), °С.

2.4.2.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК расхода (прокачки) масла по формуле (Б.19):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot G_m \cdot \sqrt{(\Delta(F)/F)^2 + (\Delta(Q)/Q)^2}, \quad (\text{Б.19})$$

где G_m – измеренное значение прокачки масла;

$\Delta(F)/F$ – относительное значение погрешности ИК без ПИП;

$\Delta(Q)/Q$ – относительное значение погрешности ПИП (турбинный преобразователь расхода ТПР10). Значение погрешности $\Delta(Q)/Q$ берется из протоколов поверки ТПР.

2.4.3 Определить относительные погрешности ИК

Доверительные границы относительной погрешности ИК при $P = 0,95$ определить по формулам (Б.20-Б.22):

– относительной погрешности:
$$\tilde{\delta}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{IB} \cdot 100, \% ; \quad (\text{Б.20})$$

– погрешности, приведенной к верхнему пределу измерений (ВП):

$$\tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{BP} \cdot 100, \% \quad (\text{Б.21})$$

– погрешности, приведенной к нормированному значению (НЗ) измеренной величины:

$$\tilde{\gamma}_{H3}^* = \frac{\tilde{\Delta}_o}{H3} \cdot 100, \% \quad (\text{Б.22})$$

(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 2ml-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 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 |
| 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 |
| ОТУ-2018 | Общие технические условия |
| МИ 2083-90 | Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей |
| ЛГФИ407221.034 МИ | Преобразователи расхода ТПР. Методика поверки |
| УРАБ.СИ-1/Р-0475.001 РЭ | Система измерительная СИ-1/Р-0475. Руководство по эксплуатации |
| УРАБ.СИ-1/Р-0475.001ФО | Система измерительная СИ-1/ Р-0475 Формуляр |
| Р-0475-2317-1504-01 | Механический замкнутый испытательный стенд для главных редукторов Р-0475. Описание системы и инструкция по эксплуатации |
| Р-0475-2317-1504-02 | Механический замкнутый испытательный стенд для главных редукторов Р-0475. Руководство по эксплуатации. |
| Р-0475-2317-1504-03 | Механический замкнутый испытательный стенд для главных редукторов Р-0475. Руководство по калибровке. |
| Р-0475-2317-1504-04 | Механический замкнутый испытательный стенд для главных редукторов Р-0475.Руководство по техническому обслуживанию |