

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБУ  
«ГНМЦ» Минобороны России



В.В. Швыдун

\_\_\_\_\_ 2017 г.

**Инструкция**

**Система измерительная СИ-ПТК/ТВЗ-117**

**Методика поверки**

**У6894-4800 МП**

2017 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	4
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	5
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	5
5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	6
6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....	6
7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	6
7.1 Внешний осмотр.....	6
7.2 Опробование.....	6
7.3 Определение метрологических характеристик.....	7
7.4 Идентификация ПО.....	15
8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	156
Приложение А.....	17
Приложение Б.....	23
Приложение В.....	289
Приложение Г.....	30
Приложение Д.....	32

## ОБОЗНАЧЕНИЯ

МП – методика поверки;  
ГТД – газотурбинный двигатель;  
ИК – измерительный канал;  
СИ – средство измерений;  
ПО – программное обеспечение;  
МХ – метрологические характеристики;  
НСП – неисключенная систематическая погрешность;  
ВП – верхний предел диапазона измерений;  
ИВ – измеренная величина;  
НЗ – нормированное значение;  
РМК – расходомерный коллектор;  
ПП – первичный измерительный преобразователь;  
ТПР, FT8-8 – турбинные преобразователи расхода жидкости;  
ТХА(К) – термоэлектрический преобразователь (хромель-алюмель)  
АЦП – аналого-цифровой преобразователь;  
РЭТ – рабочий эталон;  
РЭ – руководство по эксплуатации;  
МХ – метрологические характеристики;  
ТД – техническая документация;  
КМС – крутящий момент силы

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая МП распространяется на систему измерительную СИ-ПТК/ТВЗ-117 (далее – система), заводской номер 001, изготовленную закрытым акционерным обществом «Борисфен» (ЗАО «Борисфен»), г. Москва, и устанавливает порядок и объем ее первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	+	+
2 Опробование	7.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	7.3	+	+
4 Определение погрешностей измерений ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	7.3.1	+	+
5 Определение погрешностей измерений ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры	7.3.2	+	+
6 Определение погрешностей измерений ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К)	7.3.3	+	+
7 Определение погрешностей измерений ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов	7.3.4	+	+
8 Определение погрешностей измерений ИК расхода масла и частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода топлива	7.3.5	+	+
9 Определение погрешности измерений ИК КМС	7.3.6	+	+
10 Идентификация ПО	7.4	+	+

## 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 - 7.3.5	Калибратор многофункциональный DPI 620 с модулями давления PM620: пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,025$ % в диапазоне воспроизведения давления от минус 100 кПа до 20 МПа; пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(1,4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,01)$ мВ в диапазоне воспроизведения напряжения постоянного тока U от минус 10 до плюс 100 мВ; пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,0012)$ мА в диапазоне воспроизведения силы постоянного тока I от 0 до 24 мА; пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(3 \cdot 10^{-4} \cdot R + 0,03)$ Ом в диапазоне воспроизведения сопротивления R от 0 до 400 Ом; пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(3 \cdot 10^{-5} \cdot F + 2,3 \cdot 10^{-3})$ Гц в диапазоне воспроизведения частоты F электрических сигналов от 0 до 1000 Гц
7.3.2	Калибратор температуры Fluke серии 500 модель 518: диапазон воспроизведения температуры от минус 30 до 670 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения $\pm 0,25$ °С
7.3.6	Гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009, класс M <sub>1</sub> , массой 20 кг (10 шт.)
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
7.3.1 - 7.3.6	Станция автоматическая метеорологическая Vantage Pro 2: диапазон измерений атмосферного давления от 540 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 1,0$ гПа; диапазон измерений температуры воздуха от минус 40 до 65 °С; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ °С; диапазон измерений относительной влажности воздуха от 10 до 98 %, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 3$ % в диапазоне измерений от 10 до 90 % и $\pm 4$ % в диапазоне измерений от 90 до 98 %

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

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

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

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

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

### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки 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:

*в испытательном боксе:*

- температура окружающего воздуха, °С (К).....от 10 до 30 (от 263 до 303);
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, %, не более... 90;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....от 720 до 780 (до 96 до 104).

*в помещении пультовой:*

- температура окружающего воздуха, °С (К).....от 15 до 25 (от 288 до 298);
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, % .....от 50 до 80;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....от 720 до 780 (от 96 до 104).

*параметры электропитания:*

- напряжение сети переменного тока, В..... от 198 до 242;
- частота переменного тока, Гц .....от 49 до 51;
- напряжение сети постоянного тока, В .....от 21,6 до 26,4.

**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 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 При подготовке к поверке провести следующие работы:

- проверить комплектность проектно-технологической и эксплуатационной документации системы;
- проверить наличие поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на эталонные и вспомогательные средства поверки;
- 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 ПП и аппаратуры системы не менее чем за 30 мин до начала проведения поверки;
- создать, проконтролировать и записать в протокол условия проведения поверки.

## 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре установить соответствие системы следующим требованиям:

- комплектность согласно формуляру У6894-4800 ФО;
- маркировку согласно У6894-4800 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.

7.2 Опробование

7.2.1 Перед началом работ проверить оборудование и включить рабочую станцию, после чего происходит загрузка операционной системы и автоматический запуск программы обмена данными аппаратуры верхнего и нижнего уровней. Поверку системы проводить по программе «Metrology IK.exe» в последовательности, изложенной в документе У6894-4800 РП.

Программа «Metrology IK.exe» выполняет следующие функции:

- регистрацию измеренных значений в соответствии установленным алгоритмом операций градуировки;

- обработку результатов градуировки с определением МХ (функции преобразования и погрешности ИК);

- отображение результатов градуировки на экране монитора;

- сохраняет файлы градуировки.

Поверку системы проводить в следующей последовательности:

- осуществить запуск программы двойным щелчком на ярлыке «Metrology IK.exe» рабочего стола операционной системы;

- выбрать закладку «Измерения»;

- выбратьверяемый ИК из списка «Измеряемые каналы»;

- из списка «Ход» выбрать прямой ход;

- из списка «Точка» выбрать точку, в которой будут производиться измерения;

- установить с помощью РЭТ эталонное значениеверяемого параметра, соответствующее значению на первой ступени нагружения на прямом ходе градуировки;

- выполнить измерение параметра;

- повторить предыдущие операции, устанавливая с помощью РЭТ последовательно эталонные значения параметра, соответствующие заданным ступеням нагружения до верхнего предела измерений параметра;

- повторить предыдущие операции, устанавливая с помощью РЭТ последовательно эталонные значения параметра, соответствующие заданным ступеням разгружения от верхнего предела измерений до значения на первой ступени;

- повторить цикл нагружение-разгружение еще не менее четырех раз;

**П р и м е ч а н и е** – В случае обнаружения «грубых» промахов необходимо вернуться к ошибочно измеренному значению, установить с помощью РЭТ эталонное значение параметра и провести измерение в соответствии с ранее изложенной последовательностью операций;

- сохранить файл градуировки нажатием кнопки «Сохранить в файл»;

- подготовить файлы градуировки для обработки.

### 7.2.2 Опробование ИК

При опробовании ИК проверить правильность его функционирования.

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 системы. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 7.3 Определение метрологических характеристик

### 7.3.1 Определение погрешностей измерений ИК давления воздуха (газов) и жидкостей

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

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

- отсоединить вход ПП давления (датчики давления АИР-10L, Элемер-100) от магистрали давления испытательного стенда и соединить его с РЭТ давления (калибратор DPI 620 с модулем давления РМ620) по схеме, приведенной на рисунке 1;

- провести градуировку ИК давления по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

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

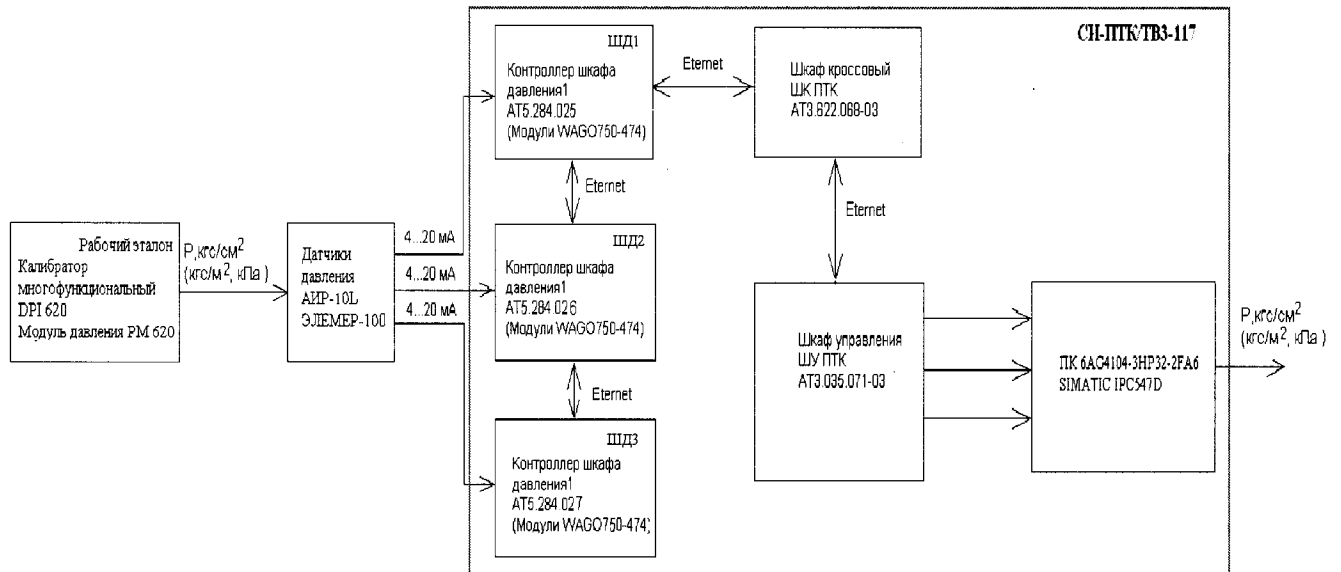
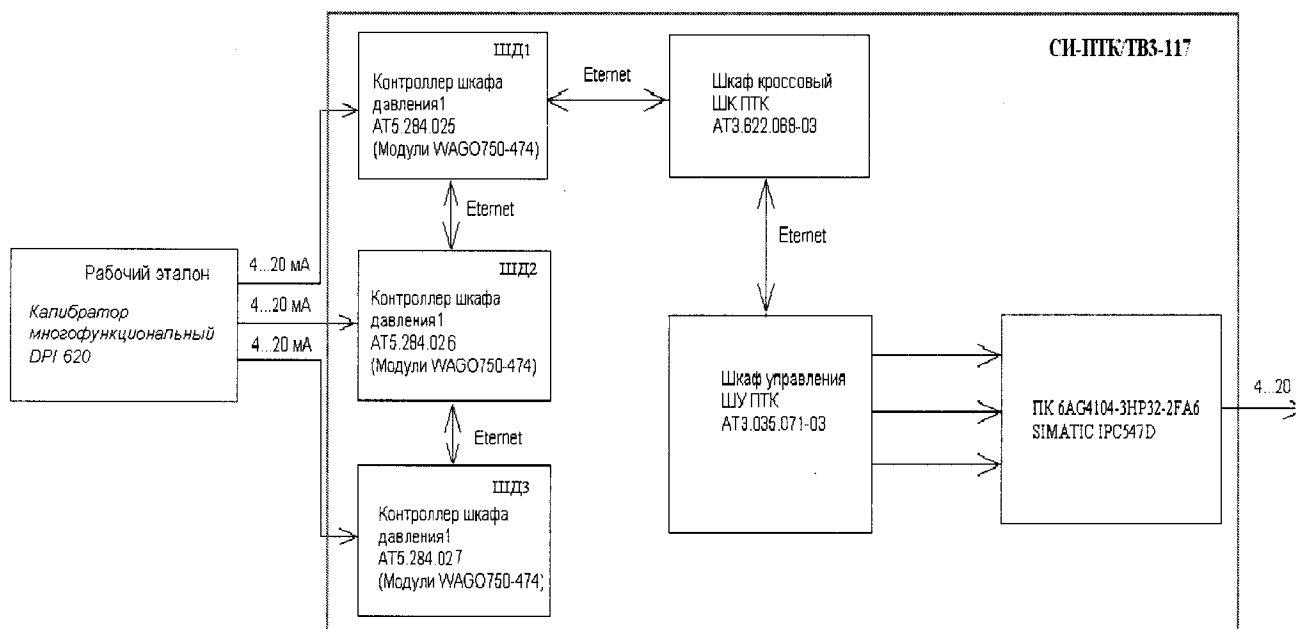


Рисунок 1 – Схема поверки ИК давления рабочим эталоном DPI 620 с модулем давления РМ 620

- поэлементным способом (прямые измерения) ИК давления с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:
    - провести поверку датчиков давления АИР-10L в соответствии с разделом «Методика поверки» НКГЖ.406233.024РЭ, согласованным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ» 11.04.2009 г., Элемер-100 в соответствии с разделом «Методика поверки» НКГЖ.406233.029РЭ, согласованным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ» 28.10.2008 г.;
    - подключить ИК без датчика давления к РЭТ (калибратор DPI 620) по схеме, приведенной на рисунке 2;
    - провести градуировку ИК силы постоянного 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 Результаты поверки ИК давления воздуха (газов) и жидкостей считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в таблице А.1 Приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.



Рисунок, 2 – Схема поверки ИК силы постоянного тока рабочим эталоном DPI 620



3

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

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

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

- подключить ИК температуры к РЭТ (калибратор Fluke) согласно схемам, приведенным на рисунках 3а), 3б), 3в);

- провести градуировку ИК температуры по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

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

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

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку термопреобразователей сопротивления по методике поверки ГОСТ 8.461-2009;

- подключить ИК без ПП к РЭТ (калибратор DPI 620) согласно схемам, приведенным на рисунках 4а), 4б), 4в);

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

- подключить ИК сопротивления постоянному току к РЭТ (калибратор DPI 620) согласно схемам, приведенным на рисунках 4а), 4б), 4в);

- 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.

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

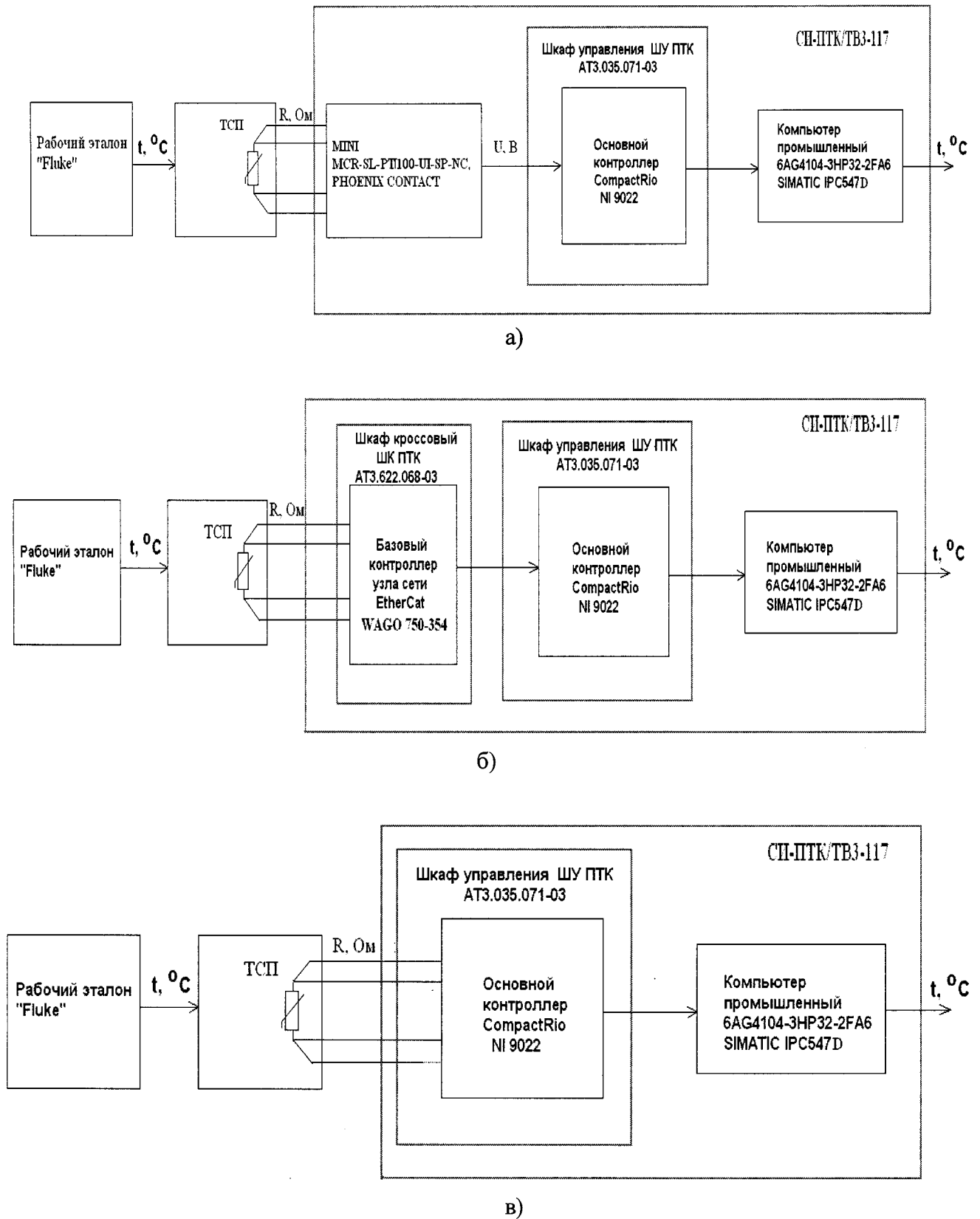


Рисунок 3 – Схемы поверки рабочим эталоном Fluke серии 500 ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления,

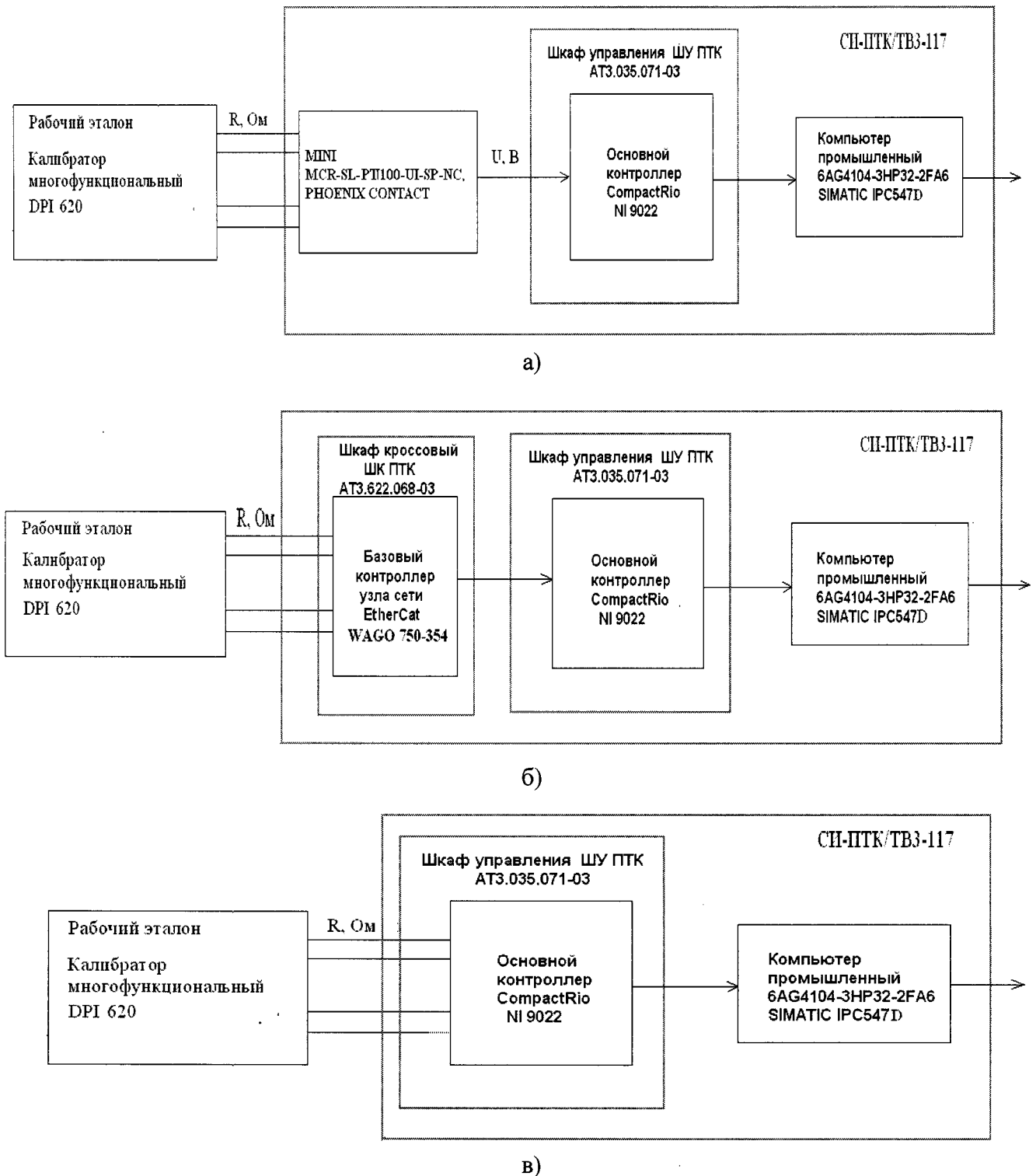


Рисунок 4— Схемы поверки рабочим эталоном DPI 620 ИК сопротивления постоянному току

7.3.3 Определение погрешностей измерений ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К)

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

- подключить ИК к РЭТ (калибратор DPI 620) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 5;

- провести градуировку ИК в соответствии с методикой, приведенной в разделе 1 Приложения Б;

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

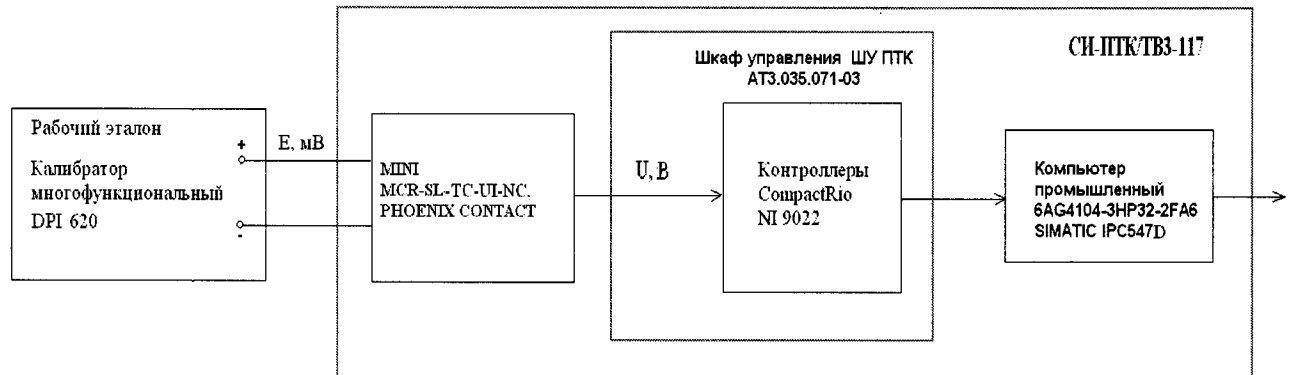


Рисунок 5— Схема поверки рабочим эталоном DPI 620 ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К)

7.3.3.2 Результаты поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТХА(К), считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах  $\pm 0,2\%$  от ВП.

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

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

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

- отсоединить электрический кабель датчика частоты вращения от ИК и подключить ИК с помощью жгута-переходника к РЭТ (калибратор DPI 620) по схеме, приведенной на рисунке 6;

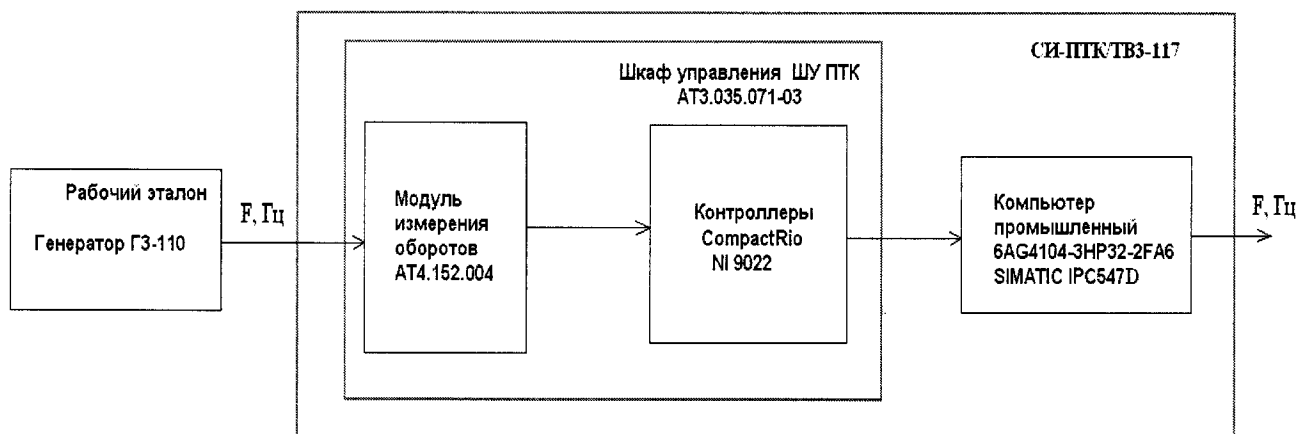


Рисунок 6— Схема комплектной поверки ИК частоты электрических сигналов рабочим эталоном DPI 620

- провести градуировку ИК, устанавливая с помощью РЭТ контрольные значения сигнала синусоидальной формы: в диапазоне от 10 до 100 Гц с амплитудой 40 В и частотами 0, 30, 50, 80 и 100 Гц для ИК частоты вращения ротора турбокомпрессора; в диапазоне от 100 до 900 Гц с амплитудой 10 В и частотами 0, 270, 450, 720 и 900 Гц для ИК частоты вращения ротора свободной турбины;

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

7.3.4.2 Результаты поверки ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов, считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах  $\pm 0,15\%$  от ВП. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.5 Определение погрешности измерений ИК расхода масла и частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода топлива

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

- провести поверку турбинных преобразователей расхода ТПР10 по методике поверки ЛГФИ.407221.034МИ в аккредитованной на право поверки организации;

- с помощью жгута-переходника подключить ИК без ПП к РЭТ (калибратор DPI 620) по схеме, приведенной на рисунке 6;

- провести градуировку ИК частоты электрических сигналов по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ контрольные значения сигнала синусоидальной формы с амплитудой 25 мВ и частотами 0, 100, 150, 200, 250 и 300 Гц;

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

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

- с помощью жгута-переходника подключить ИК к РЭТ (калибратор DPI 620) по схеме, приведенной на рисунке 6;

- провести градуировку ИК частоты электрических сигналов по методике, приведенной в п. 1 Приложения Б, устанавливая с помощью РЭТ (DPI 620) контрольные значения сигнала синусоидальной формы с амплитудой от 5,0 до 10,0 В и частотами 50, 250, 450, 650 и 850 Гц;

- оценить МХ ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода жидкости, в соответствии с алгоритмом, приведенным в разделе 2 Приложения Б.

7.3.5.3 Результаты поверки ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода масла и частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода топлива, считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в таблицах А.1 и А.2 Приложения А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

7.3.6 Определение погрешности измерений ИК КМС

7.3.6.1 Погрешность измерений ИК КМС определить комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

• определить порог реагирования ИК КМС, для чего необходимо:

1) собрать схему поверки ИК КМС, приведенную на рисунке 7;

2) приложить к рычагу градуировочного устройства с помощью РЭТ (гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009) силу, при которой значение КМС равно 0,1 ВП (ВП = 200 кгс·м);

3) положить на грузоприёмное устройство плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь, при котором появляется реагирование показаний КМС на экране монитора на одну - две единицы наименьшего разряда;

- 4) снять дополнительные гири с градуировочного устройства и записать в протокол вес этих дополнительных гирь;
- 5) повторить операции по п.п. 7.3.6.1.1) - 7.3.6.1.4) еще 2 раза;
- 6) приложить к рычагу градуировочного устройства с помощью гирь силу, при которой значение КМС равно 1,0 ВП;
- 7) выполнить операции по п.п. 7.3.6.1.1) - 7.3.6.1.4);

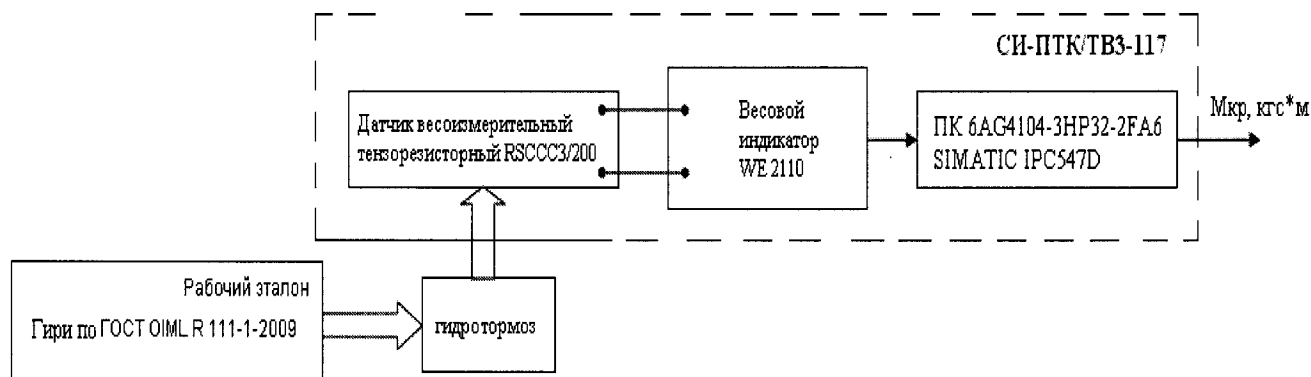


Рисунок 7 - Схема поверки ИК КМС рабочим эталоном (гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009)

• провести градуировку ИК КМС по методике, приведенной в разделе 1 Приложения Б, прикладывая к рычагу градуировочного устройства с помощью РЭТ (гири по ГОСТ OIML R 111-1-2009, массой 20 кг, 10 шт.) силу, при которой значения КМС равны 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 и 200 кгс·м.

**П р и м е ч а н и е** – При проведении градуировки ИК наложение гирь на рычаг градуировочного устройства и их снятие с рычага 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 снятия грузов (или нагружения) 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;

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

7.3.6.2 Результаты поверки ИК КМС считать положительными, если:

- значение порога реагирования не превышает 0,02 % от ВП;
- значение погрешности ИК КМС находятся в пределах  $\pm 0,5$  % от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП и  $\pm 0,5$  % от ИВ в диапазоне от 0,5 ВП до 1,0 ВП.

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

#### 7.4 Идентификация ПО

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с руководством пользователя У6894-4800 РП.

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	Управляющая программа основного контроллера	Управляющая программа аварийного контроллера	Программа обмена данными с основным контроллером	Программа математической обработки вычислительных каналов	Программа архивирования измеряемых данных
Идентификационное наименование ПО	10.1.5.15/-/ startup, rtexe	10.1.5.16/-/ startup.rtexe	core.exe	formuls.exe	Write_db.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Цифровой идентификатор ПО	deb098b705d2666aeb158204e5e54e45	c96fa48a81313b1bf2657efd84a29e9	e251cae4fc3e5fd4718481f7006bdd10	ca9bc7b7f61dfc1ca84al8a379539b6c	d852075a6G3e57b65f8bld9dc59b6c3

Продолжение таблицы 3

Наименование ПО	Программа метрологического исследования измерительных каналов	Программа метрологического исследования вычислительных каналов	Программа просмотра архивных данных	Программа проверки аналоговых и дискретных входных/выходных сигналов	Программа верификации программного обеспечения
Идентификационное наименование ПО	Metrology IK.exe	Metrology VK.exe	View DB.exe	Test_system.exe	verif.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Цифровой идентификатор ПО	7b2f5df733781020b1811640ef75ba4f	c0853a43f86eacb5e5del78e9fcfe313	5ef55d42c226531ad632015f0292cc2b	7b2f5df733781020b1811640ef75ba4f	f7dlf4b3eea06473c98949a3774b09b0

Продолжение таблицы 3

Наименование ПО	Программа авторизации пользователя	Программа администрирования пользователей	Программа просмотра событий
Идентификационное наименование ПО	login.exe	Admin users.exe	Events.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0	1.0	1.0
Цифровой идентификатор ПО	1aec5 07931992 dce 410c623e907 8dc8	77b0ede62ddl65f 568795b4db99aG a6	662e4bd2b49c7a 81fc3 f64ebbf64 9db8

### 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки системы занести в протокол (Приложение Д);

8.2 При положительных результатах поверки системы оформить свидетельство о поверке и нанести знаки поверки на корпуса шкафов с аппаратурой нижнего уровня ШУ ПТК, ШК ПТК, Ш1, Ш2, Ш3.

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

Начальник отдела  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Ведущий научный сотрудник  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Д.М. Щеглов

А.А. Гришанов



## Приложение А

### Метрологические и технические характеристики системы измерительной СИ-ПТК/ТВЗ-117

МХ системы приведены в таблицах А.1 и А.2.

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

Наименование ИК	Характеристики ИК			Состав ИК			
	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	1	Избыточное давление жидкостей: от 0 до 0,25 МПа	±1,0 % (γ от ВП)*	Преобразователи давления измерительные АИР-10L -ДИ	±0,25 % (γ от ВП)	Базовый контроллер узла сети EtherCAT WAGO 750-354. Модули АЦП WAGO 750-474 2AI 4-20 mA	±0,2 % (γ от ВП)
	6	от 0 до 0,4 МПа					
	2	от 0 до 0,6 МПа					
	2	от 0 до 6 МПа					
	1	Избыточное давление (разрежение) жидкостей: от -0,029 до +0,029 МПа	±1,0 % (γ от НЗ** 58842 Па)	Датчики давления Элемер-100-ДИВ	±0,25 % (γ от ВП)	Базовый контроллер узла сети EtherCAT WAGO 750-354. Модули АЦП WAGO 750-474 2AI 4-20 mA	±0,2 % (γ от ВП)
	5	от -0,098 до +0,058 МПа	±1,0 % (γ от НЗ 156912 Па)				

Здесь и далее в таблицах А.1 и А.2:

\* γ от ВП – приведенная к верхнему пределу измерений погрешность

\*\* γ от НЗ – приведенная к нормированному значению (НЗ) погрешность

Продолжение таблицы А.1

Характеристики ИК				Состав ИК			
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	1	Избыточное давление воздуха (газов): от 0 до 0,1 МПа	±0,5 % (γ от ВП)	Преобразователи давления измерительные АИР-10L-ДИ	±0,25 % (γ от ВП)	Базовый контроллер узла сети EtherCAT WAGO 750-354. Модули АЦП WAGO 750-474 2AI 4-20 mA	±0,2 % (γ от ВП)
	2	от 0 до 0,25 МПа					
	5	от 0 до 0,4 МПа					
	3	от 0 до 0,6 МПа					
	1	от 0 до 1,6 МПа					
	1	Избыточное давление (разрежение) воздуха: от -0,098 до +0,058 МПа	±0,5 % (γ от НЗ 156912 Па)	Датчик давления Элемер-100-ДИВ	±0,25 % (γ от ВП)	Базовый контроллер узла сети EtherCAT WAGO 750-354. Модули АЦП WAGO 750-474 2AI 4-20 mA	±0,2 % (γ от ВП)
	1	Абсолютное давление воздуха: от 0 до 0,160 МПа	±0,5 % (γ от ВП)	Преобразователь давления измерительный АИР-10L-ДА	±0,25 % (γ от ВП)		±0,2 % (γ от ВП)
2	Разность давлений воздуха: от 0 до 0,6 кПа	±50 Па (Δ)*	Датчики давления Элемер-100-ДД	±0,25 % (γ от ВП)		±0,2 % (γ от ВП)	
2	от 0 до 6 кПа	±0,5 % (γ от ВП)					
2	от 0 до 17,6 кПа	±0,5 % (γ от ВП)					

Здесь и далее в таблице А.1:

\* Δ - абсолютная погрешность

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 расхода масла и частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода топлива (в части измерений расхода масла)	1	от 21 до 28 л/мин	$\pm 1,0\%$ ( $\gamma$ от ВП)	Преобразователь расхода турбинный ТПР10	$\pm 0,45\%$ ( $\delta$ )	Модуль измерения оборотов АТ4.152.004. Контроллер CompactRIO-NI 9022 Real time PowerPC Embedded.	$\pm 0,05\%$ ( $\gamma$ от ВП)
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры (в части измерений температуры термопреобразователями)	2	Температура рабочих жидкостей: от -40 до +50 °С от 0 до +100 °С от 0 до +150 °С от 0 до +200 °С	$\pm 1,5\%$ ( $\gamma$ от НЗ 90 °С) $\pm 1,5\%$ ( $\gamma$ от ВП) $\pm 1,5\%$ ( $\gamma$ от ВП) $\pm 1,5\%$ ( $\gamma$ от ВП)	Термометры сопротивления из платины ТС 1288Э	Класс допуска В по ГОСТ 6651-2009	Базовый контроллер узла сети EtherCAT WAGO 750-354. Модули АЦП WAGO 750-461 2Al Pt100/RTD. Контроллер CompactRIO-NI 9022 Real time PowerPC Embedded	$\pm 0,2\%$ ( $\gamma$ от ВП)
	2						
5							
4							
4	Температура воздуха: от -40 до -60 °С от 0 до +300 °С	$\pm 0,5\%$ ( $\delta$ )* $\pm 1,5\%$ ( $\gamma$ от ВП)	Термометры сопротивления из платины ТС 1288Э	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	Контроллер CompactRIO-NI 9022 Real time PowerPC Embedded	$\pm 0,2\%$ ( $\gamma$ от ВП)	
1							

Здесь и далее в таблице А.1:

\*  $\delta$  – относительная погрешность

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 1961 Н·м	±0,5 % ( $\gamma$ от ВП= 980,5 Н·м) в поддиапазоне от 0 до 980,5 Н·м ±0,5 % ( $\delta$ ) в поддиапазоне свыше 980,5 до 1961 Н·м	Датчик весо-измерительный тензорезисторный RSCC C3/500	±0,02 % ( $\gamma$ от ВП= 4903,5 Н·м)	Контроллер CompactRIO-NI 9022 Real time PowerPC Embedded	±0,0 % (передача измерительной информации в коде)

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 температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры (в части измерений сопротивления постоянному току)	2	от 0 до +100 °С	Термопреобразователи сопротивления платиновые ГОСТ 6651-2009	Базовый контроллер узла сети EtherCAT WAGO 750-354. Модули АЦП WAGO 750-461 2AI Pt100/RTD Контроллер CompactRIO-NI 9022 Real time PowerPC Embedded	±0,3 % (γ от ВП)
	1	от 0 до +150 °С			
ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА(К)	4	от 0 до +1000 °С	Термоэлектрические преобразователи ТХА(К). ГОСТ Р 8.585-2001	Преобразователи измерительные: MINI MCR-SL-TC-UI-NC, PHOENIX CONTACT. Контроллер CompactRIO-NI_9022 Real time PowerPC Embedded	±0,2 % (γ от ВП)
	1	Частота переменного тока, соответствующая значениям частоты вращения ротора турбокомпрессора: от 10 до 100 Гц			
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов	1	Частота переменного тока, соответствующая значениям частоты вращения ротора свободной турбины: от 100 до 900 Гц	Датчик частоты вращения ротора Д-2М (Д-2-3)	Модуль измерения оборотов АТ4.152.004. Контроллер CompactRIO-9022 Real time PowerPC Embedded	±0,15 % (γ от ВП)
	2	Частота переменного тока, соответствующая значениям частоты вращения ротора свободной турбины: от 100 до 900 Гц	Датчик магнитоиндукционный ДТА-10		

Продолжение таблицы А.2

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК
ИК расхода масла и частоты электрических сигналов, соответствующей значениям расхода топлива (в части измерений частоты электрических сигналов)	2	от 40 до 600 кг/ч	Преобразователь расхода турбинный FT8-8	Модуль измерения оборотов АТ4.152.004. Контроллер CompactRIO-9022 Real time PowerPC Embedded	$\pm 0,15$ % ( $\gamma$ от ВП)

## Приложение Б

### Методика проведения градуировки и обработки результатов градуировки 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,  $i = 1, 2, \dots, l$ .

**Примечание** – Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускаются 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 «Metrology IK.exe» по алгоритму настоящей методики, руководствуясь документом У6894-4800 РП. 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 пп. 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 пп. 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).

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

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

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;

$q_{\text{sfk}}$  – 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  $q_{\text{sfk}}$  определить по формулам (Б.7) и (Б.8):

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

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

### 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) при  $P=0,95$  по формуле (Б.9):

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

где  $\Delta_{\text{PЭТ}}$  – погрешность РЭТ;

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



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

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

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  $\tau$  - коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и числа степеней свободы  $2l - 1$ . Таблица значений  $\tau$  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):

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{окабс} &= K \cdot (\tilde{\Delta}_{оск} + \tilde{\Delta}_{ок}) \quad \text{при} \quad 8 > (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) > 0,8, \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{оск} \quad \text{при} \quad (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \geq 8 \\ \tilde{\Delta}_{окабс} &= \tilde{\Delta}_{ок} \quad \text{при} \quad (\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}) \leq 0,8. \end{aligned} \quad (\text{Б.15})$$

Коэффициент  $K$  определять в зависимости от отношения  $\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}$  по таблице Б.1.

Таблица Б.1

$\tilde{\Delta}_{оск} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ок}$	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
К	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

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

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

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):

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

где  $P$  – измеренное значение давления, кгс/см<sup>2</sup>, кгс/м<sup>2</sup>, кПа;

$\delta P$  – значение относительной погрешности ПИП (датчики давления АИР-10L, ЭЛЕМЕР-100), %. Значение погрешности  $\delta P$  берется из протокола поверки датчика, либо из паспорта на датчик;

$\delta ИК_{ПТ}$  – 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):

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

где  $T$  – измеренное значение температуры, °С;

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

$\Delta_{ИК_T}$  – значение абсолютной погрешности ИК температуры (без ПИП), °С.

2.4.2.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК расхода воздуха при  $P = 0,95$  по формуле (Б.19)б

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot G_v \cdot \left[ W^2(\mu) \cdot (\Delta(\mu) / \mu)^2 + W^2(F_m) \cdot (\Delta(F_m) / F_m)^2 + W^2(T_o) \cdot (\Delta(T_o) / T_o)^2 + W^2(\Delta P) \cdot (\Delta(\Delta P) / \Delta P)^2 + W^2(P_k) \cdot (\Delta(P_k) / \Delta P_k)^2 + W^2(\Delta P_o) \cdot (\Delta(P_o) / \Delta P_o)^2 \right]^{0,5} \quad (Б.19)$$

где  $G_v$  – измеренное значение массового расхода воздуха, кг/с;

$\Delta(\zeta_j)$  – значение абсолютной погрешности результата измерений параметра  $\zeta_j$ ;

$W(\zeta_j) = \frac{\zeta_j \cdot \partial G}{G \partial \zeta_j}$  – относительные значения коэффициентов влияния аргумента  $\zeta_j$  на погрешность определения расхода воздуха.

Обозначения аргументов  $\zeta_j$ :

$\mu$  – коэффициент расхода воздуха РМК;

$F_m$  – площадь сечения мерного участка РМК, м<sup>2</sup>;

$P_k$  – давление базовое опорное (или атмосферное –  $P_n$ ), мм рт. ст.;

$\Delta P$  – перепад между полным давлением на входе РМК и статическим давлением в мерном сечении, мм вод. ст.;

$\Delta P_o$  – перепад между атмосферным и полным давлением на входе РМК, мм вод. ст.;

$T_o$  – осредненная температура воздуха на входе в РМК, °С.

Примечание - В формулу (Б.19) не включена составляющая, обусловленная погрешностью измерений влажности воздуха, вследствие ее незначительности (<0,1 %).

Значения коэффициентов влияния  $W(\zeta_i)$  определяются (с учетом поправки на влияние диаметров отверстий ~1 мм приемников статического давления) по формулам (Б.20):

$$\begin{aligned}
 W(M) &= 1 \\
 W(F_M) &= 1 \\
 W(T_o) &= -\frac{1}{2} \\
 W(P_\kappa) &= \frac{P_\kappa}{\Delta P} (\pi - 1) (W(\Delta P) - 1) \\
 W(\Delta P_o) &= -\frac{\Delta P_o}{\Delta P} \cdot (\pi - 1) (W(\Delta P) - 1) \\
 W(\Delta P) &= \frac{D}{\kappa \pi} \left( 1 + \frac{1 - \kappa}{2} \cdot \frac{1}{\pi^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} - 1} \right)
 \end{aligned} \tag{Б.20}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 \pi &= 1 - \frac{\Delta P}{P_\kappa - \Delta P_o} \\
 D &= \pi - 1
 \end{aligned} \tag{Б.21}$$

2.4.2.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК расхода (прокачки) масла при  $P=0,95$  по формуле (Б.22):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot G_{ПМ} \cdot \sqrt{(\delta F)^2 + (\delta Q)^2} / 100 \tag{Б.22}$$

где  $G_{ПМ}$  – измеренное значение прокачки масла, л/мин;

$\delta F$  – относительное значение погрешности ИК частоты электрического сигнала (без ПИП), %;

$\delta Q$  – относительное значение погрешности ПИП (турбинного преобразователя расхода ТПР), %. Значение погрешности  $\delta Q$  берется из протокола поверки ТПР, либо из паспорта на датчик.

2.4.2.5 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК расхода топлива при  $P = 0,95$  по формуле (Б.23):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot G_m \cdot \sqrt{(\delta F)^2 + (\delta Q)^2 + (\delta \rho)^2} / 100, \tag{Б.23}$$

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

$\delta F$  – относительное значение погрешности ИК частоты электрического сигнала (без ПИП), %;

$\delta Q$  – относительное значение погрешности ПИП (турбинный преобразователь расхода FT8-8), %;

$\delta \rho$  – значение относительной погрешности измерений плотности топлива, %,

$$\delta \rho = ((\delta \rho_{АНТ})^2 + (100 \cdot \gamma \cdot \Delta_t / \rho)^2)^{0.5}, \quad (Б.24)$$

где  $\delta \rho_{АНТ}$  – значение относительной погрешности ареометра, %;

$\gamma$  – температурный коэффициент плотности топлива,  $\text{кг/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$\rho$  – номинальное значение плотности топлива при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\Delta t$  – значение абсолютной погрешности измерений температуры топлива,  $^\circ\text{C}$ .

#### 2.4.3 Определение относительной погрешности ИК

Доверительные границы относительной погрешности ИК при  $P = 0,95$  определить по формулам (Б.25):

$$\tilde{\delta}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{ИВ} \cdot 100, \% ;$$

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

$$\tilde{\gamma}_o^* = \frac{\tilde{\Delta}_o}{0,5ВП} \cdot 100, \% ;$$

$$\tilde{\gamma}_{НЗ}^* = \frac{\tilde{\Delta}_o}{НЗ} \cdot 100, \% .$$

**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 $2ml-1$	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 Г**  
**(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки**

Протокол №... определения погрешностей измерений измерительных каналов системы  
измерительной СИ-ПТК/ТВЗ-117, зав. № 001, ЗАО «Борисфен»

1 Дата поверки

.....

2 Средства поверки

.....

.....

3 Условия поверки

Температура окружающего воздуха, °С

.....

Атмосферное давление, мм рт. ст.

.....

Влажность, %

.....

4 Документ, в соответствии с которым проводилась поверка

«Система измерительная СИ-ПТК/ТВЗ-117. Методика поверки .У6894-4800 МП».

.....

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Внешний осмотр

.....

5.2 Результаты опробования

.....

5.3 Результаты метрологических исследований

.....

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

Результаты метрологических исследований системы измерительной СИ-ПТК/ТВЗ-117 представлены в таблице 1.

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 «Система измерительная СИ-ПТК/ТВЗ-117. Методика поверки. У6894-4800МП».

Таблице 1

Наименование ИК	Диапазон измерений	из-	Тип ПП	Погрешность ПП	Наибольшее значение суммарной погрешности ИК	Пределы допускаемой погрешности ИК

6 Выводы

.....  
.....

7 Заключение

.....  
.....

Поверитель

\_\_\_\_\_

подпись

( \_\_\_\_\_ )

ФИО

**Приложение Е**  
(справочное)

**Перечень эксплуатационных и нормативных документов**

Обозначение	Наименование
ГОСТ 8.009-84 ГСИ	Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ	Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения
ГОСТ 6651-2009 ГСИ	Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний
ГОСТ 8.461-2009 ГСИ	Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки
ГОСТ Р 8.585-2001 ГСИ	Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования
ГОСТ 8.338-2002 ГСИ	Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки
ГОСТ 22261-94	Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия
ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ	Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ	Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Пожарная безопасность
ГОСТ - OIML R111-1 – 2009	Гири классов E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 и M3. Метрологические и технические требования
ОСТ 1 01021-93 ОСИ	Стенды для испытаний авиационных ГТД в наземных условиях. Общие технические требования
ОСТ 1 02555-85 ОСИ	Система измерения расхода воздуха с коллектором на входе авиационных ГТД при стендовых испытаниях. Общие требования
Р 50.2.041-2004 ГСИ.	Ареометры стеклянные. Методика поверки
РМГ 51-2002 ГСИ	Документы на методики поверки средств измерений
МИ-187-86 ГСИ	Средства измерений. Критерии достоверности и параметры методик поверки
МИ188-86 ГСИ	Средства измерений. Установление значений параметров методик поверки
МИ 2083-90	Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей
МИ 2539-99	ГСИ. Измерительные каналы контроллеров, измерительно-вычислительных, управляющих, программно-технических комплексов. Методика поверки
У6894-4800 РЭ	Система измерительная СИ-ПТК/ТВ3-117. Руководство по эксплуатации
У6894-4800 РП	Система измерительная СИ-ПТК/ТВ3-117. Руководство пользователя
У6894-4800 РП	Система измерительная СИ-ПТК/ТВ3-117. Руководство пользователя
У6894-4800 ФО	Система измерительная СИ-ПТК/ТВ3-117. Формуляр