

**СОГЛАСОВАНО**

Заместитель генерального  
конструктора по испытаниям  
ПАО «ОДК-Сатурн»

  
А.В. Александров  
«04» *октябрь* 2021 г.  


**СОГЛАСОВАНО**

Заместитель генерального директора –  
директор исследовательского центра  
«Авиационные двигатели»  
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

  
В.Г. Марков  
«04» *октябрь* 2021 г.  


Государственная система обеспечения единства измерений

Инструкция

Система измерительная автоматизированная «ИС-9»

Методика поверки

МП ИС-9

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА  
ИЗМЕРЕНИЙ

2021 г.

Первый заместитель  
Главного метролога  
Семёнов С.В.

Главный инженер  
корпуса №7  
Пугачёв Е.В.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	3
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	5
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....	7
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	8
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .....	9
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	10
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	11
9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	12
10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ .....	18
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	20
Приложение А (обязательное) Метрологические характеристики ИС-9 .....	21
Приложение Б (рекомендованное) Форма протокола поверки.....	23

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВП	– верхний предел диапазона измерений или нормированного значения измеряемого параметра;
НП	– нижний предел диапазона измерений или нормированного значения измеряемого параметра;
ДИ	– диапазон измерений ИК, в пределах которого устанавливаются контрольные точки (меры), для которых определяются значения метрологических характеристик и в которых выполняется их оценка на соответствие нормированным пределам допустимой погрешности измерений;
ИК	– измерительный канал (каналы);
КТ	– контрольная точка диапазона измерений (ДИ), в которой устанавливается (задается) номинальное действительное значение измеряемой величины, принимаемое за истинное, при проведении экспериментальных исследований поверяемого ИК;
МП	– методика поверки;
МХ	– метрологические характеристики;
ПК	– персональный компьютер;
ПО	– программное обеспечение;
ПП	– первичный преобразователь (датчик);
СИ	– средства измерений;
СП	– средства поверки (эталон) СИ или средства проверки технических характеристик СИ;

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (МП) разработана в соответствии с Приказом Минпромторга России № 2907 от 28.08.2020 г., приказом Минпромторга № 2510 от 31.06.2020 г. и устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодических поверок измерительных каналов (ИК) системы измерительной автоматизированной ИС-9 (далее по тексту – Система, ИС-9), предназначенной для измерений параметров наземных газотурбинных двигателей (ГТД) при их стендовых испытаниях.

1.2 Функционально Система включает в себя следующие измерительные каналы (ИК):

- ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред;
- ИК расхода топливного газа;
- ИК температур газообразных и жидких сред;
- ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения выходного вала редуктора.

1.3 Способы поверки

1.3.1 Настоящая МП устанавливает комплектный и поэлементный способы поверки ИК.

1.3.2 В настоящей МП поверка ИК реализована с помощью метода прямых измерений.

1.4 Нормирование МХ

1.4.1 Номенклатура МХ ИК, определяемых по данной МП, установлена в соответствии с ГОСТ 8.009-84.

1.4.2 Оценка и форма представления погрешностей – по МИ 1317-2004.

1.4.3 Методы определения МХ ИК при поверке комплектным способом по ГОСТ Р 8.736-2011 и ОСТ 1 00487-83.

1.4.4 Нормирование поверки: количество КТ на ДИ – по МИ 2440-97.

1.5 Настоящая МП обеспечивает прослеживаемость ИС-9 к следующим Государственным первичным эталонам в соответствии с Приказами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее – Приказы): ГЭТ 1-2018 «ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Приказом от «31» июля 2018 г. № 1621 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»; ГЭТ 4-91 «ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока» в соответствии с Приказом от «01» октября 2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А»; ГЭТ 23-2010 «ГПЭ единицы давления-паскаля» в соответствии с Приказом от «29» июня 2018 г. № 1339 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»; ГЭТ 34-2020 «ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С» в соответствии с Приказом от «23» декабря 2020 г. № 2198 «Об утверждении Государственного первичного эталона единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С» и ГОСТ 8.558-2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры»; ГЭТ 35-2021 «ГПЭ единицы температуры-кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К» в соответствии с Приказом от «02» февраля 2021 г. № 65 «Об утверждении Государственного первичного эталона единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К» и ГОСТ 8.558-2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры»; ГЭТ 118-2017 «ГПЭ единиц объемного и массового расходов газа» в соответствии с Приказом от «29» декабря 2018 г. № 2825 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа».

1.6 Допускается возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средств измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.7 Интервал между поверками – 1 год.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Перечень операций, которые должны проводиться при поверке ИС-9, приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
3 Определение метрологических характеристик ИК:	9.1	да	да
3.1 Определение погрешности ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред	9.2	да	да
3.2 Определение погрешностей ИК расхода топливного газа	9.3	да	да
3.3 Определение погрешностей ИК температур газообразных и жидких сред	9.4	да	да
3.4 Определение погрешностей ИК частоты переменного тока, соответствующей значениям частоты вращения выходного вала редуктора	9.5	да	да
4 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	10	да	да
5 Оформление результатов поверки	11	да	да

Примечание – при проведении поверки в ограниченном объеме, перечень проверяемых ИК может быть сокращен на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

#### 3.1 Условия окружающей среды:

в помещении пультовой:

- |                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| - температура воздуха, °С            | от +10 до +35 |
| - относительная влажность воздуха, % | не более 80   |
| - атмосферное давление, кПа          | от 84 до 106  |

в испытательном боксе:

- |                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| - температура воздуха, °С            | от -40 до +40 |
| - относительная влажность воздуха, % | не более 90   |
| - атмосферное давление, кПа          | от 96 до 106  |

3.2 При выполнении поверок ИК ИС-9 условия окружающей среды для средств поверки должны соответствовать требованиям, указанным в руководствах на их эксплуатацию и требованиям, установленным ГОСТ 8.395-80.

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ**

4.1 К поверке допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации (РЭ) на систему и, входящие в её состав аппаратные и программные средства, знающие принцип действия используемых средств измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном организацией порядке.

4.2 К поверке допускаются лица, освоившие работу используемых средств поверки, изучившие настоящую методику и, имеющие достаточную квалификацию.

4.3 Лица, участвующие в поверке системы, должны проходить обучение и аттестацию по технике безопасности.



## 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательное оборудование, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень средств поверки

Ссылка на номер раздела МП	Наименование и тип (условное обозначение) основных или вспомогательных СП, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, основные и (или) метрологические и характеристики СП
1	2
<b>Основные средства поверки</b>	
9.2; 9.4	Калибратор многофункциональный DPI-620, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 60401-15
9.3	Поверяется автономно в соответствии с документом «Рекомендация. ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые Micro Motion. Методика поверки», утвержденным ВНИИМС 25.07.2010 г.
9.4 (комплектная поверка)	Калибратор температуры КТ-1М, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 29228-11; Калибратор температуры КТ-2, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 28811-18.
9.5	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-136, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 44849-10
<b>Вспомогательные средства поверки</b>	
9.2-9.5	Термогигрометр ИВА-6, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 46434-11

5.2 При проведении поверки допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых ИК с требуемой точностью (выбираются по поверочным схемам по соответствующим видам измерений).

5.3 Используемые средства поверки должны иметь действующее свидетельство об аттестации эталона и/или действующее свидетельство о поверке (с учетом требований поверочных схем), и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ).

## **6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ**

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 12.2.091-2002 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения приборов проводить только при отключенном напряжении питания системы.

6.2 Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

– к работе по выполнению поверки (калибровки) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие аттестацию по технике безопасности и промышленной санитарии, ознакомленные с эксплуатационной документацией на систему, с инструкцией по эксплуатации электрооборудования системы и с настоящей методикой;

– электрооборудование стенда, а также электроизмерительные приборы, используемые в качестве средств поверки, должны быть заземлены, блоки питания должны иметь предохранители номинальной величины;

– работы по выполнению поверки системы должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за её эксплуатацию.

## **7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

7.1 При выполнении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого ИК следующим требованиям:

- комплектность ИК системы должна соответствовать РЭ;
- измерительные, вспомогательные и соединительные компоненты (кабельные разъемы, клеммные колодки и т. д.) ИК системы не должны иметь визуально определяемых внешних повреждений и должны быть надежно соединены и закреплены;
- соединительные линии (кабели, провода) не должны иметь повреждений изоляции и экранирования и должны быть надежно соединены с разъемами и клеммами;
- система должна быть защищена от несанкционированного вмешательства.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать удовлетворительными, если выполняются условия, изложенные в пункте 7.1. В противном случае проведение поверки не проводится до устранения выявленных недостатков.

## 8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 8.1 Подготовка к поверке

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

8.1.1 Проверить техническое состояние и подготовить Систему к работе в соответствии с РЭ на Систему.

8.1.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 3.

8.1.3 При подготовке к поверке:

– проверить наличие действующих свидетельств об аттестации эталонов на средства поверки и/или действующих свидетельств о поверке, и/или наличия сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ;

– при необходимости обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения;

– включить питание аппаратуры;

– ожидать прогрева аппаратуры не менее 30 минут.

8.1.4 Перед началом поверки измерить и занести в протокол поверки условия окружающей среды (температура, влажность воздуха и атмосферное давление).

### 8.2 Опробование и поверка программного обеспечения

8.2.1 При опробовании осуществляется проверка правильности прохождения теста при включении измерительной системы стенда в соответствии с эксплуатационной документацией.

Результат поверки считать положительным, если отсутствуют сообщения об ошибках.

8.2.2. Проверка программного обеспечения осуществляется в следующей последовательности:

8.2.2.1 Подготовить и включить аппаратуру стенда в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2.2.2 Запустить на рабочем месте оператора ПО.

8.2.2.3 Зафиксировать версию ПО, а также идентификационное наименование.

8.2.2.4 Проверить контрольные суммы (цифровые идентификаторы) компонентов ПО (с помощью программной утилиты «Проверка подлинности метрологически значимой части ПО» – «AuthenticityCheck» или с помощью утилиты 7zip – через пункт «CRC SHA» контекстного меню по соответствующим компонентам ПО, или другим доступным способом).

Результат проверки считать положительным, если идентификационные данные ПО (номера версий, наименования, цифровые идентификаторы) совпадают с данными, представленными в таблице 8.1

Таблица 8.1 – Идентификационные данные ПО

Идентификационное наименование ПО	Stendserver.exe	ssd_pxi_rt.dll	ssd_pxi_rt.dll	startup_rt.exe	pMetrology.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.59.1.259	1.15.4.0	1.15.4.0	3.1.1.0	1.20.1.0
Цифровой идентификатор ПО	7ABE72EF	D40C2253	AE3B5EBD	88B86EAA	011B9C6A
Алгоритм вычисления идентификатора	CRC32	CRC32	CRC32	CRC32	CRC32

## 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 9.1 Определение метрологических характеристик ИК

9.1.1 Проверку проводить комплектным или поэлементным способом.

### 9.2 Определение погрешности ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред

Поверку каждого ИК комплектным способом выполнять следующим образом:

9.2.1 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, а пломбирование, маркировка типа и номера ПП должны соответствовать паспорту (этикетке).

9.2.2 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 1, для чего ко входу ПП (или магистрали давления) подключить калибратор давления.



Рисунок 1 – Схема поверки ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред комплектным способом

9.2.2.1 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО метрологических исследований и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК. При настройке в поле «Контрольные точки» установить не менее 5 значений давления, равномерно распределенных по диапазону ИК, включая верхнее и нижнее значения).

9.2.2.2 В разделе «Параметры рабочего эталона» установить погрешность используемого эталона равной 0.

Примечание – диапазон используемого эталона должен быть не меньше диапазона поверяемого ИК (при поверке ИК в полном объеме), а соотношение погрешности между эталоном и поверяемым ИК следует выбирать исходя из приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2018 г. № 1339.

9.2.2.3 Поочередно для всех номинальных значений давлений в КТ провести измерения, давление на входе ИК устанавливать с помощью калибратора давления. Выполнить 3 цикла измерений (количество циклов может быть скорректировано по результатам первичной и периодической поверок).

9.2.3 Результаты поверки ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.2.4 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.2.3, соответствующий ИК бракуется и направляется на ремонт. После ремонта ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

**Поверку каждого ИК поэлементным способом выполнять в 3 этапа:**

1 этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;

2 этап – поверка электрической части ИК с целью определения диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

3 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

9.2.5 Для контроля (оценки) ПП:

9.2.5.1 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, а пломбирование, маркировка типа и номера ПП должны соответствовать паспорту (этикетке).

9.2.5.2 Для каждого ПП проверить наличие действующего свидетельства о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ.

9.2.6 Поверку электрической части каждого ИК выполнить в указанной ниже последовательности:

9.2.6.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 2, для чего на вход электрической части ИК вместо преобразователя давления подключить калибратор многофункциональный DPI 620 в режиме воспроизведения силы постоянного тока (от 4 до 20 мА).

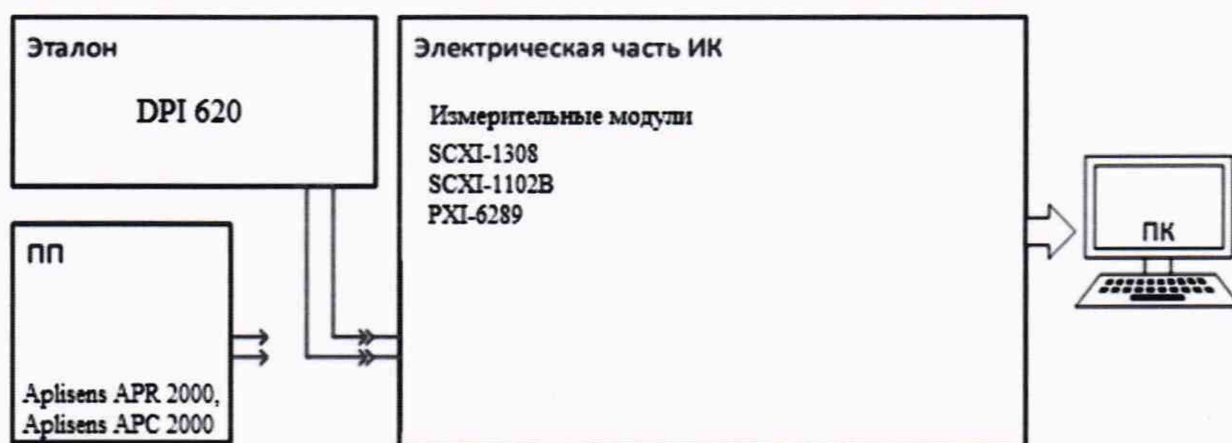


Рисунок 2 – Схема поверки ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред поэлементным способом

9.2.6.2 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО метрологических исследований и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК. При настройке в поле «Контрольные точки» (далее – КТ) установить не менее 5 значений давления, равномерно распределенных по диапазону ИК, включая верхнее и нижнее значения).

9.2.6.3 В разделе «Параметры рабочего эталона» установить погрешность используемого эталона равной 0.

9.2.6.4 Поочередно для всех номинальных значений давлений в КТ ( $P_{кт}$ ) провести измерения, при этом силу постоянного тока, соответствующую давлению на входе ИК в КТ ( $I_{кт}$ ), устанавливать с помощью калибратора:  $I_{кт} = 4 + 16 \cdot \left| \frac{P_{кт} - P_{нп}}{P_{нп} - P_{вп}} \right|$  [мА], где  $P_{нп}$  и  $P_{вп}$  – давления, соответствующие нижнему и верхнему пределам измерения ИК.

9.2.7 Результаты поверки ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред считать положительными, если:

9.2.7.1 ПП ИК имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ, оставшийся срок действия поверки не меньше 1 года;

9.2.7.2 Погрешность электрической части ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа;

9.2.8 Выполнение п.п. 9.2.7.1 и 9.2.7.2 обеспечивает выполнение установленных требований к суммарной погрешности (приведенных в приложении А настоящего документа) для соответствующего ИК.

9.2.9 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.2.7, соответствующий ИК бракуется и направляется на ремонт. После ремонта ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

### **9.3 Определение погрешности измерений ИК расхода топливного газа**

ИК расхода топливного газа представлен счетчиком-расходомером массовым Micro Motion CMF-50 (рег. № 45115-10), который поверяется автономно в соответствии с документом «Рекомендация. ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые Micro Motion. Методика поверки», утвержденным ВНИИМС 25.07.2010 г.

9.3.1 Результаты поверки ИК расхода топливного газа считать положительными, если счетчик-расходомер массовый Micro Motion CMF-50 имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ, оставшийся срок действия поверки не меньше 1 года.

### **9.4 Определение погрешностей ИК температур газообразных и жидких сред**

#### **Поверку каждого ИК поэлементным способом выполнять в 3 этапа:**

1 этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;

2 этап – поверка электрической части ИК с целью определения диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

3 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

9.4.1 Для контроля (оценки) ПП:

9.4.1.1 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, а пломбирование, маркировка типа и номера ПП должны соответствовать паспорту (этикетке).

9.4.1.2 Для каждого ПП проверить наличие действующего свидетельства о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ.

9.4.2 Поверку электрической части каждого ИК выполнить в указанной ниже последовательности:

9.4.2.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 3, для чего на вход электрической части ИК вместо ПП подключить калибратор многофункциональный DPI 620 в режиме воспроизведения сигналов от термопреобразователей сопротивления (НСХ – Pt100 по ГОСТ 6651-2009).



Рисунок 3 – Схема поверки ИК температур газообразных и жидких сред поэлементным способом

9.4.2.2 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО метрологических исследований и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК. При настройке в поле «Контрольные точки» (далее – КТ) установить не менее 5 значений температуры, равномерно распределенных по диапазону ИК, включая верхнее и нижнее значения).

9.4.2.3 В разделе «Параметры рабочего эталона» установить погрешность используемого эталона равной 0.

9.4.2.4 Поочередно для всех номинальных значений температуры в КТ провести измерения, при этом сопротивление постоянному току, соответствующее температуре по НСХ – Pt100 по ГОСТ 6651-2009, устанавливать с помощью калибратора.

9.4.3 Результаты поверки ИК температур газообразных и жидких сред считать положительными, если:

9.4.3.1 ПП ИК имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ, оставшийся срок действия поверки не меньше 1 года;

9.4.3.2 Погрешность электрической части ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа;

9.4.4 Выполнение п.п. 9.4.3.1 и 9.4.3.2 обеспечивает выполнение установленных требований к суммарной погрешности (приведенных в приложении А настоящего документа) для соответствующего ИК.

9.4.5 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.4.4, соответствующий ИК бракуется и направляется на ремонт. После ремонта ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

**Поверку каждого ИК комплектным способом выполнять следующим образом:**

9.4.6 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, а пломбирование, маркировка типа и номера ПП должны соответствовать паспорту (этикетке).

9.4.7 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 4, для чего ПП поместить в термостатирующий блок калибратора температуры.



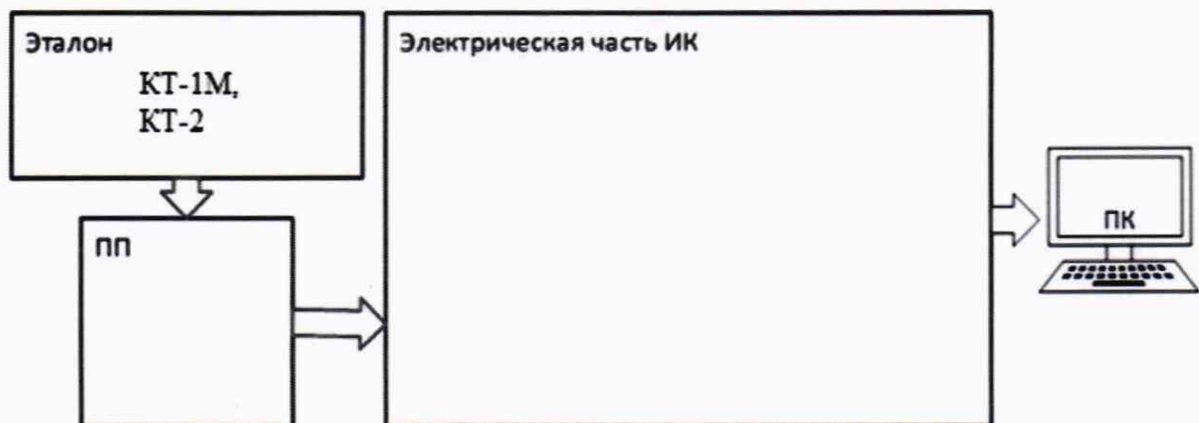


Рисунок 4 – Схема поверки ИК температур газообразных и жидких сред комплектным способом

9.4.7.1 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО метрологических исследований и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК. При настройке в поле «Контрольные точки» установить не менее 5 значений температуры, равномерно распределенных по диапазону ИК, включая верхнее и нижнее значения).

9.4.7.2 В разделе «Параметры рабочего эталона» установить погрешность используемого эталона равной 0.

9.4.7.3 Поочередно для всех номинальных значений давлений в КТ провести измерения, температуру на входе ИК устанавливать с помощью калибратора температуры.

9.4.8 Результаты поверки ИК температуры газообразных и жидких сред считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.4.9 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.4.8, соответствующий ИК бракуется и направляется на ремонт. После ремонта ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 9.5 Определение погрешностей ИК частоты переменного тока, соответствующей значениям частоты вращения выходного вала редуктора

9.5.1 Поверку ИК частоты переменного тока, соответствующего частоте вращения выходного вала редуктора, выполнить в следующем образом:

9.5.1.1 Собрать схему поверки ИК в соответствии с рисунком 5, для чего отсоединить линии от первичного преобразователя и подключить генератор ГЗ-136.

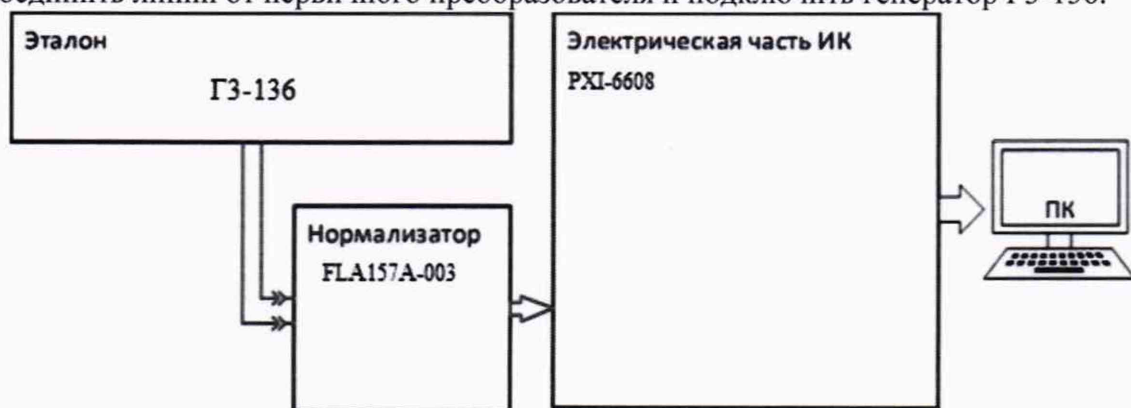


Рисунок 5 – Схема поверки ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения выходного вала редуктора

9.5.1.2 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО метрологических исследований и выполнить настройку для поверки соответствующего ИК. При настройке в поле «Контрольные точки» установить не менее 5 значений частоты, равномерно распределенных по диапазону ИК, включая верхнее и нижнее значения).

9.5.1.3 В разделе «Параметры рабочего эталона» установить погрешность используемого эталона равной 0.

9.5.1.4 Поочередно для всех номинальных значений частоты в КТ провести измерения, частоту на входе ИК устанавливать с помощью генератора.

9.5.2 Результаты поверки ИК частоты переменного тока, соответствующего частоте вращения выходного вала редуктора считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.5.3 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.5.2, ИК бракуется и направляется на ремонт. После ремонта ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

При поверке с использованием ПО метрологических исследований, обработка результатов измерений происходит автоматически.

При необходимости, возможно проводить обработку полученных результатов согласно описанию ниже:

### 10.1 Обработка результатов измерений

#### 10.1.1 Расчет абсолютной погрешности ИК

Значение абсолютной погрешности измерений в  $j$ -той точке определить по формуле:

$$\Delta A_j = \pm |A_j - A_{jэ}| \quad (10.1)$$

где:  $A_j$  – измеренное значение физической величины в  $j$ -той точке;  
 $A_{jэ}$  – значение физической величины, установленное рабочим эталоном в  $j$ -той точке.

#### 10.1.2 Определение относительной погрешности ИК

Значение относительной погрешности измерений в  $j$ -той точке определить по формуле:

$$\delta_j = \pm \left| \frac{\Delta A_j}{A_{jэ}} \right| \cdot 100\% \quad (10.2)$$

#### 10.1.3 Расчет значения приведенной (к ДИ) погрешности ИК

Значения приведенной (к ДИ) погрешности измерений физической величины для каждой точки проверки определить по формуле:

$$\gamma_{jд} = \pm \frac{\Delta A_j}{|P_B - P_H|} \cdot 100\% \quad (10.3)$$

где:  $P_B$  – значение верхнего предела измерений;

$P_H$  – значение нижнего предела измерений.

#### 10.1.4 Расчет значения приведенной (к ВП) погрешности ИК

Значения приведенной к верхнему пределу погрешности измерений физической величины для каждой точки проверки определить по формуле:

$$\gamma_{jв} = \pm \frac{\Delta A_j}{P_B} \cdot 100\% \quad (10.4)$$

#### 10.1.5 Расчет значения максимальной суммарной с ПП погрешности ИК

Значение максимальной, суммарной с ПП, (абсолютной, относительной или приведенной) погрешности ИК, определить по формуле:

$$\theta_c = \pm (|\theta_{пп}| + |\widehat{\theta A}|) \quad (10.5)$$

где:  $\theta_{пп}$  – значение погрешности (абсолютной, относительной или приведенной) первичного преобразователя;

$\widehat{\theta A}$  – максимальное значение погрешности (абсолютной, относительной или приведенной) измерений электрической части ИК.

При комплектной поверке ИК давлений обработку следует выполнять следующим образом:

10.1.6 Определить абсолютную составляющую систематической погрешности измерения давления:

$$\Delta P_{\text{сист}} = \frac{P_{k(\text{прям})} + P_{k(\text{обр})}}{2} - P_k, \quad (10.6)$$

где:  $P_{k(\text{прям})}$  – среднее (по всем циклам, если делалось больше 1) измеренное давление на  $k$ -ой ступени нагружения прямого хода;  $P_{k(\text{обр})}$  – то же самое для обратного хода нагружения.

10.1.7 Определить вариацию (вариацию определяют при каждом поверяемом значении измеряемой величины, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений):

$$\Delta P_{\text{вар}} = P_{k(\text{прям})} - P_{k(\text{обр})} \quad (10.7)$$

10.1.8 Определить суммарную погрешность измерения давления. Случайные погрешности ИК не учитываются ввиду их малости.

Предел абсолютной погрешности ИК избыточного давления:

$$\Delta P = 1,1 \sqrt{\Delta P_{\text{сист}}^2 + \left(\frac{\Delta P_{\text{вар}}}{2}\right)^2} \quad (10.8)$$

10.1.9 Для ИК с нормированием приведенной к ВП ( $P_{\text{max}}$ ) погрешности, вычислить максимальное значение приведенной погрешности по формуле:

$$\gamma_p = \max \left| \frac{\Delta P}{P_{\text{max}}} \right| \cdot 100\% \quad (10.9)$$

10.2 Критерии принятия решения по подтверждению соответствия системы метрологическим требованиям

10.2.1 Результаты поверки ИК ИС-9 считать положительными, если границы погрешности измерений ИК по результатам поверки находятся в допусках, указанных в Приложении А.

## 11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом поверки, рекомендуемая форма которых приведена в Приложении Б.

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего их на поверку, в случае положительных результатов поверки оформляется свидетельство о поверке; в случае отрицательных результатов поверки оформляется извещение о непригодности к применению.

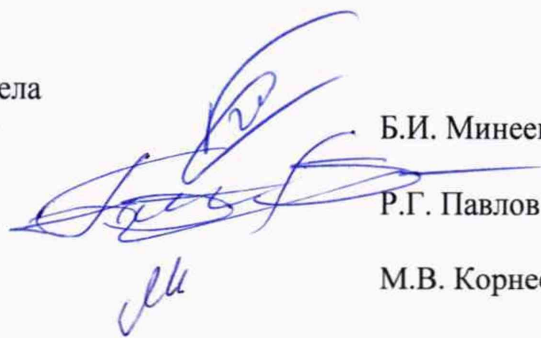
11.4 После устранения причин неисправности ИК проводится повторная поверка в соответствии с требованиями настоящей методики.

11.5 Защита от несанкционированного доступа к компонентам системы обеспечивается: запираанием ключом замков на дверях элементов системы (стоек приборных, шкафов кроссовых и т.д.).

Главный метролог, начальник отдела  
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

Заместитель начальника отдела

Начальник сектора

Three handwritten signatures in blue ink are present. The top signature is the most prominent and appears to be 'Б.И. Минеев'. Below it is a signature that appears to be 'Р.Г. Павлов'. At the bottom is a smaller signature that appears to be 'М.В. Корнеев'.

Б.И. Минеев

Р.Г. Павлов

М.В. Корнеев

Метрологические характеристики ИС-9

Таблица А1 – Метрологические характеристики системы

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности	
		Электрической части ИК (при поэлементной поверке)	Всего ИК (при комплектной поверке)
1	2	3	4
<b>ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред</b>			
Разрежение во входном патрубке РМК (Параметры: ΔН1 - ΔН8)	от 0 до 19,6 кПа (от 0 до 0,2 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,4 % от ВП
Давление воздуха на наддув передней опоры (Параметр: Р6)	от 0 до 24,5 кПа (от 0 до 0,25 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±1,0 % от ВП
Давление воздуха на наддув задней опоры (Параметр: Р7)	от 0 до 392,3 кПа (от 0 до 4 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±1,0 % от ВП
Перепад полного давления на сетке ВЗУ (Параметры: РВЗУ1 - РВЗУ2)	от 0 до 7 кПа (от 0 до 0,07 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,5 % от ВП
Давление воздуха на входе в двигатель (Параметр: Рвх)	от 0 до 15,7 кПа (от 0 до 0,16 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,35 % от ВП
Давление воздуха за компрессором (Параметр: Рк)	от 0 до 1,57 МПа (от 0 до 16 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,4 % от ВП
Давление в трубе отбора горячего воздуха до мерной шайбы (Параметр: Р*отб)	от 0 до 0,59 МПа (от 0 до 6 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,4 % от ВП
Перепад на мерной шайбе в трубе отбора горячего воздуха (Параметр: ΔРотб)	от 0 до 196,1 кПа (от 0 до 2 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,5 % от ВП
Давление топливного газа по системе питания (Параметры: Ртг; Ртгдф; Ртг3; Ртгвос)	от 0 до 2,94 МПа (от 0 до 30 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,4 % от ВП
Давление масла на выходе из насосов (за обратными клапанами) (Параметр: Рмдф)	от 0 до 0,69 МПа (от 0 до 7 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,35 % от ВП
Давление масла за масляным фильтром двигателя (Параметр: Рмзф)	от 0 до 0,69 МПа (от 0 до 7 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,5 % от ВП
Давление масла в магистрали подвода к подшипнику э/генератора (Параметры: Рмэгп; Рмэгз)	от 0 до 98,1 кПа (от 0 до 1 кгс/см <sup>2</sup> )	γ: ±0,2 % от ДИ	γ: ±0,5 % от ВП

ИК расхода топливного газа			
Расход топливного газа (Параметр: GтГF)	диапазон измерений: от 2880 до 6800 кг/ч	-	$\delta: \pm 0,35 \% \text{ от ИЗ}$
	диапазон показаний: от 50 до 2880 кг/ч	-	-
ИК температур газообразных и жидких сред			
Температура воздуха на входе в РМК (Параметры: твх1 - твх6)	от 223 до 473 К (от -50 до 200 °С)	$\delta: \pm 0,38 \% \text{ от ИЗ}$	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$
Температура масла в маслосистеме (Параметры: тмвх0х; тмвых0х)	от -50 до 150 °С	$\Delta: \pm 1,15 \text{ °С}$	$\Delta: \pm 2,2 \text{ °С}$
Температура в системе отбора горячего воздуха (Параметр: totб)	от 0 до 250 °С (от 273 до 523 К)	$\gamma: \pm 0,85 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 1,5 \% \text{ от ВП}$
ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения выходного вала редуктора			
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения выходного вала редуктора (Параметр: Nред)	от 2 до 1000 Гц	$\gamma: \pm 0,05 \% \text{ от ВП}$	

Примечания:

1 ВП – верхний предел измерения;

2 ИЗ – измеряемое значение;

3 ДИ – диапазон измерений (от 4 до 20 мА для электрической части ИК избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред);

$\gamma$  – приведенная погрешность, %;

$\delta$  – относительная погрешность, %;

$\Delta$  – абсолютная погрешность в единицах измеряемой величины.

**ПРОТОКОЛ**  
поверки измерительного канала ..... «ИС-9»  
(Методика поверки МП ИС-9)

- 1 Вид поверки:
- 2 Дата поверки:
- 3 Средства поверки
- 3.1 Рабочий эталон:

Наименование	Пределы измерений (в единицах измерений параметра)		Шаг установки	Погрешность
	нижний	верхний		

- 3.2 Вспомогательные средства:

- 4 Условия поверки:

Температура окружающего воздуха, °С	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, мм рт. ст.	

- 5 Результаты экспериментальных исследований

- 5.1 Внешний осмотр:

- 5.2 Результаты опробования:

- 6. Результаты метрологических исследований

- 6.1 Условия исследования:

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений	

- 6.2 Составляющие погрешности:

Номер ступени	Задаваемые эталонные сигналы на входе ИК, в	Средние значения измеренных сигналов, в	Систематическая погрешность, в ед. изм.	Оценка среднего квадратического отклонения, в	Сумма неисключенной систематической погрешности,	Абсолютная погрешность, в ед. изм.

- 6.3 Погрешность ИК:

Абсолютная погрешность измерений, в ед. изм.	
Приведенная (относительная) погрешность измерений, %	
Пределы допускаемой погрешности измерений, % (или в ед. изм.)	

- 7 Вывод:

Приведенная (относительная/абсолютная) погрешность ИК , находится в допустимых пределах.

Дата очередной поверки:

Поверитель

(подпись)

\_\_\_\_\_ (дата)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)