

**СОГЛАСОВАНО**

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

В.Г. Марков



«11» сентября 2023 г.

ГСИ. Система автоматизированного сбора и обработки информации

DAS-2-OATB.

Методика поверки

МП DAS-2-OATB

Москва  
2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Принятые сокращения и условные обозначения .....	3
1 Общие положения .....	4
2 Перечень операций поверки средства измерений .....	6
3 Метрологические и технические требования к средствам поверки .....	7
4 Требования к условиям проведения поверки .....	9
5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....	10
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки .....	11
7 Внешний осмотр средства измерений .....	12
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений. проверка программного обеспечения средства измерений .....	13
8.1 Подготовка к поверке .....	13
8.2 Опробование и проверка программного обеспечения .....	13
9 Определение метрологических характеристик средства измерений .....	14
9.1 Определение погрешности ИК МИС .....	14
9.2 Определение погрешности ИК МИРТ .....	15
9.3 Определение погрешности ИК МИД .....	16
9.4 Определение погрешности ИК МИТ .....	17
9.5 Определение погрешности ИК МИВиб .....	19
9.6 Определение погрешности ИК МИЧВР .....	23
9.7 Определение погрешности ИК напряжения постоянного и переменного тока (МИАВ и МИДП) .....	23
9.8 Определение погрешности ИК напряжения тензодатчиков (МИДП) .....	25
10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям .....	26
10.1 Обработка результатов измерений (общие подходы) .....	26
10.2 Обработка результатов измерений МИС .....	27
10.3 Обработка результатов измерений МИД .....	28
10.4 Критерии принятия решения по подтверждению соответствия системы метрологическим требованиям: .....	28
11 Оформление результатов поверки .....	29
Приложение А .....	30

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- МИС – модуль измерения силы от тяги двигателя;
- МИРТ – модуль измерения массового расхода топлива и масла;
- МИД – модуль измерения давления и перепада давления газа и жидкости;
- МИТ – модуль измерения температуры газа и жидкости;
- МИВиб – модуль измерения вибрации элементов двигателя;
- МИЧВР – модуль измерения частоты вращения роторов;
- МИДП – модуль измерения динамических параметров;
- МИАВ – модуль измерения аналогово ввода;
- МХ – метрологические характеристики;
- ПП – первичный преобразователь;
- ИК – измерительный канал;
- ДИ – диапазон измерения;
- ВП – верхний предел измерения;
- НСХ – номинальная статическая характеристика;
- ПГУ – поверочно – градуировочное устройство;
- СКО – среднеквадратическое отклонение случайной величины;
- МП – методика поверки;
- ПО – программное обеспечение;
- КТ – контрольная точка;
- ФИФ ОЕИ – Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
- РЭ – руководство по эксплуатации;
- ФО – формуляр.

## 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 автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-OATB (далее – система, DAS-2-OATB), предназначенной для измерений параметров при испытаниях авиационных двигателей: абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидкых сред; сигналов от датчиков температуры; расхода жидкости; частоты переменного тока; силы от тяги двигателя; сигналов от датчиков виброскорости, виброускорения, пульсаций давления (электрический заряд, соответствующий виброскорости, виброускорению и пульсациям давления); напряжения постоянного и переменного тока; напряжения тензодатчиков, а также для отображения результатов измерений и расчетных величин и их регистрации в ходе проведения испытаний на открытом стенде «Полуево» ПАО «ОДК-Сатурн».

1.2 Функционально Система включает в себя следующие ИК:

- ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред (МИД);
- ИК сигналов от датчиков температуры (МИТ);
- ИК расхода жидкости (МИРТ);
- ИК частоты переменного тока (МИЧВР);
- ИК силы от тяги двигателя (МИС);
- ИК сигналов от датчиков виброскорости, виброускорения, пульсаций давления (электрический заряд, соответствующий виброскорости, виброускорению и пульсациям давления) (МИВиб);
- ИК напряжения постоянного и переменного тока (МИАВ и МИДП);
- ИК напряжения тензодатчиков (МИДП).

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 методов прямых и косвенных измерений.

1.4 Нормирование метрологических характеристик

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 Система обеспечивает прослеживаемость к следующим Государственным первичным эталонам:

- ГЭТ 35-2021 и ГЭТ 34-2020 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;

- ГЭТ 101-2011 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2019 г. № 2900 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне  $1 \cdot 10^1 - 1 \cdot 10^7$  Па»;

- ГЭТ 23-2010 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»;

- ГЭТ 1-2022 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;
- ГЭТ 63-2019 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2356 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости»;
- ГЭТ 27-2009 и ГЭТ 89-2008 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2023 г. № 1706 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $2 \cdot 10^9$  Гц»;
- ГЭТ 14-2014 ГПЭ единицы электрического сопротивления в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;
- ГЭТ 13-2023 ГПЭ единицы электрического напряжения в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2023 года № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;
- ГЭТ 25-79 ГПЭ единицы электрической емкости - фарада утвержден Постановлением Госстандарта России от 20.12.1979 № 222;
- ГЭТ 32-2011 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 октября 2019 г. № 2498 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы».

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.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Перечень операций, которые должны проводиться при поверке системы, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первой проверке	периодической проверке
1	2	3	4
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 средства измерений:	9	да	да
3.1 Определение погрешности ИК МИС	9.1	да	да
3.2 Определение погрешности ИК МИРТ	9.2	да	да
3.3 Определение погрешности ИК МИД	9.3	да	да
3.4 Определение погрешности ИК МИТ	9.4	да	да
3.5 Определение погрешности ИК МИВиб	9.5	да	да
3.6 Определение погрешности ИК МИЧВР	9.6	да	да
3.7 Определение погрешности ИК напряжения постоянного и переменного тока (МИАВ и МИДП)	9.7	да	да
3.8 Определение погрешности ИК напряжения тензодатчиков (МИДП)	9.8	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 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют средства поверки (эталоны, средства измерений и вспомогательные технические средства), указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
Основные средства поверки		
3.1 (комплектно)	Рабочий эталон единицы силы 2 разряда по Приказу Росстандарта № 2498 от 22.10.2019 г. в диапазоне значений до 222,41 кН	Эталон единицы силы 2 разряда в диапазоне значений до 222,41 кН
3.2 (поэлементно)	Рабочий эталон единицы частоты 5 разряда по Приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 г. в диапазоне значений от 0 до 10 кГц	Генератор сигналов низкой частоты Г3-110 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 5460-76)
3.3 (комплектно)	Рабочие эталоны 3 и 4 разряда по Приказу Росстандарта № 2653 от 20.10.2022 г. в диапазоне от 0 до 4 МПа	Калибратор многофункциональный DPI 615 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 16347-09)
3.4 (поэлементно)	Рабочий эталон единицы электрического сопротивления постоянному току 4 разряда по Приказу Росстандарта № 3456 от 30.12.2019 г. в диапазоне значений от 0 до 340 Ом; Рабочий эталон единицы электрического напряжения 3 разряда по Приказу № 1520 от 28.07.2023 г. в диапазоне значений от -3 до 55 мВ	Калибратор многофункциональный TRX-IIР (рег. номер в ФИФ ОЕИ 42789-09)
3.5 (комплектно)	Рабочий эталон единицы частоты 5 разряда по Приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 г. в диапазоне значений от 0 до 10 кГц; Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.2023 г. в диапазоне от 0 до 10 В; Образцовые меры емкости 3-го разряда по ГОСТ 8.371-80	Генератор сигналов низкой частоты Г3-110 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 5460-76); Калибратор универсальный Н4-17 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 46628-11); Мера емкости образцовая Р597 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 2684-70)
3.6 (комплектно)	Рабочий эталон единицы частоты 5 разряда по Приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 г. в диапазоне значений от 0 до 10 кГц	Генератор сигналов низкой частоты Г3-110 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 5460-76)
3.7; 3.8 (комплектно)	Рабочий эталон единицы электрического напряжения 3 разряда по Приказу № 1520 от 28.07.2023 г. в диапазоне значений от 0 до 15 В; Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.2023 г. в диапазоне от 0 до 10 В;	Калибратор универсальный Н4-17 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 46628-11);

## продолжение таблицы 2

Вспомогательные средства поверки
Средство измерений условий окружающей среды: Прибор комбинированный Testo 622 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 53505-13)
Средство измерений параметров электрического питания (напряжения и частоты переменного тока): Прибор электроизмерительный цифровой (мультиметр) ИМС-Ф1 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 49681-12)

3.2 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).

3.3 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).

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 Проверка должна проводиться в рабочих условиях эксплуатации системы.

4.2 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

Параметры электрического питания:

- |                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| – напряжение переменного тока, В..... | от 187 до 242 |
| – частота переменного тока, Гц.....   | от 48 до 51   |

Рабочие условия в помещении пультовой:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| – температура воздуха, °С.....                                   | от + 15 до + 35 |
| – относительная влажность воздуха при температуре +25 °С, %..... | до 80           |
| – атмосферное давление, кПа.....                                 | от 84 до 106    |

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

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

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

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

## 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 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.091-2002 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

6.2 Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

- помещение, где проводится поверка, должно быть оборудовано пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения;
- установку средств поверки производить с таким расчетом, чтобы был обеспечен удобный доступ к ним при проведении работ;
- подключение и отключение первичных измерительных преобразователей (ПП) давления от системы, передающей давление, должны производиться только при условии отсутствия в ней избыточного давления;
- запрещается задавать давление, превышающее значение верхнего предела, поверяемого ПП в соответствии с его техническими характеристиками;
- электрооборудование стенда, а также электроизмерительные приборы, используемые в качестве средств поверки (питающиеся от сети), должны быть заземлены;
- 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 проверяемого ИК системы следующим требованиям:

- комплектность ИК должна соответствовать документации на систему (РЭ, ФО и т.п.);
- 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 4.

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;

- технические средства если они находились в условиях отрицательных температур, либо повышенной влажности, выдержать не менее 2 часов в условиях, указанных в разделе 4;

- подготовить средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией;

- 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, относительная влажность воздуха и атмосферное давление).

### **8.2 Опробование и проверка программного обеспечения**

8.2.1 Идентификация ПО: убедиться в соответствии характеристик программного обеспечения приведенным ниже:

- идентификационное наименование – LMS Test.Lab rev. 13A;
- номер версии – 130.

8.2.2 Проверку программного обеспечения считать успешной, если идентификационные данные ПО соответствуют, указанным в п. 8.2.1. В противном случае поверку приостанавливают до устранения выявленных несоответствий.

8.2.3 Опробование каждого поверяемого ИК проводить в следующей последовательности:

8.2.3.1 Проверить конфигурацию ПО и убедиться, что градуировочная характеристика ИК соответствует установленным для него метрологическим характеристикам (НСХ первичного преобразователя, диапазон измерения, единицы измерения и т.п.).

8.2.3.2 С помощью средства поверки подать на вход ИК сигнал, соответствующий измеряемой величине и находящийся в пределах измерения, установленных для ИК; убедиться, что показания ИК меняются и отсутствуют сообщения об ошибках.

8.2.3.3 С помощью средства поверки подать на вход ИК сигналы, соответствующие верхнему и нижнему пределам измерения ИК, убедиться, что показания ИК при этом соответствуют ожидаемым.

Опробование каждого поверяемого ИК считать успешным, если не выявлено несоответствий по пунктам 8.2.3.1 – 8.2.3.3. В противном случае поверку приостанавливают до устранения выявленных несоответствий. В случае невозможности устранения выявленных несоответствий система в части неисправных ИК бракуется.

## **9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

Проверка ИК системы проводится комплектным или поэлементным способом.

### **9.1 Определение погрешности ИК МИС**

Проверку ИК силы от тяги двигателя допускается проводить, руководствуясь документом ОСТ 1 02517-84 «Отраслевая система обеспечения измерений. Силоизмерительные системы испытательных стендов. Методика поверки».

Проверку ИК проводить в следующем порядке:

9.1.1 Смонтировать на стенде ПГУ и имитатор двигателья;

9.1.2 Установить эталонный динамометр нагрузить силоизмерительную систему максимально допустимой для ИК силой, дать выдержку 5 минут, плавно полностью разгрузить;

9.1.3 Обнулить показания терминала эталонного динамометра и ИК силы системы;

9.1.4 Задать регулярную последовательность из одиннадцати контрольных значений силы (с шагом ~10 % ДИ) от условного нуля (без нагрузки) до R<sub>max</sub> (прямой ход) и от R<sub>max</sub> до условного нуля (обратный ход) (с остановкой на каждой контрольной точке не менее чем на 5 секунд), произвести регистрацию показаний ИК и запись их в протокол.

9.1.5 Повторить работы по пункту 9.1.4 ещё четыре раза.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

1) Считывание и регистрацию показаний производить после их установления.

2) При нагружении (разгрузке) ИК не допускать переход через принятые контрольные точки градуировки и возврата к ним с противоположной стороны хода градуировки. В случае такого перехода следует разгрузить (нагрузить) ИК до значения силы, предшествующей данной контрольной точке, после чего нагрузить (разгрузить) ИК и выйти на необходимую контрольную точку.

3) При хорошей повторяемости результатов допускается сократить количество циклов, но общее число циклов нагрузки должно быть не меньше 3.

9.1.6 Провести обработку полученных результатов в соответствии с разделом 10.2.

9.1.7 Результаты поверки ИК МИС считать положительными, если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.1.8 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.1.7, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 9.2 Определение погрешности ИК МИРТ

Проверку каждого ИК выполнять в 3 этапа поэлементным способом:

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

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

3-й этап – определение и оценка максимальных погрешностей ИК.

9.2.1 Для контроля (оценки) состояния и МХ ПП:

9.2.1.1 Отсоединить его от электрической части ИК. Проверить внешний вид и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование должно соответствовать сборочному чертежу, а маркировка типа и номера ПП – паспорту.

9.2.1.2 Проверить наличие действующего свидетельства о поверке (первичной или периодической) и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ по ОЕИ.

9.2.2 Проверку электрической части каждого ИК выполнить в указанной ниже последовательности:

9.2.2.1 Собрать схему поверки электрической части ИК в соответствии со схемой поверки (рисунок 1), для чего на вход электрической части ИК (к кабельной линии), вместо ПП, подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.

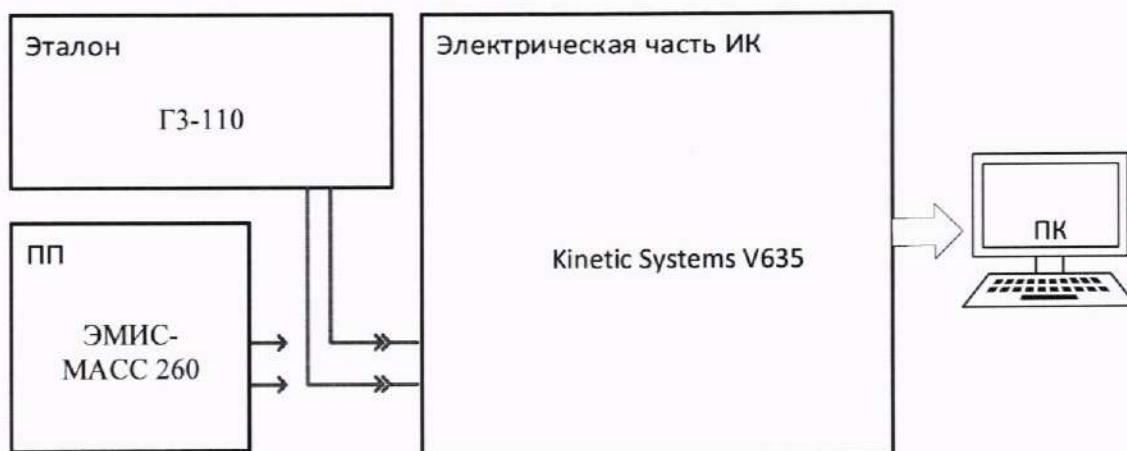


Рисунок 1 – Схема поверки ИК МИРТ

9.2.2.2 С помощью средства поверки задать на вход электрической части ИК последовательность из нескольких контрольных значений частоты переменного тока, соответствующих массовому расходу топлива, равномерно распределенных по диапазону измерения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Количество контрольных значений – не менее 5.
- 2) Количество циклов измерений – не менее 1.
- 3) Допускается проводить поверку электрической части ИК без градировочной характеристики в диапазоне от 0 до 10 кГц, в этом случае количество контрольных значений следует увеличить до 11.

9.2.2.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 и 10.2.

9.2.3 Результаты поверки ИК МИРТ считать положительными если:

- ПП ИК поверен, имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ;

- погрешность электрической части ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.2.4 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.2.3, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

### 9.3 Определение погрешности ИК МИД

Поверку каждого ИК комплектном способом выполнять следующим образом:

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

9.3.2 Собрать схему поверки в соответствии со схемой поверки (рисунок 2), для чего ко входу ПП подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 2 – Схема поверки ИК МИД

9.3.3 С помощью средства поверки задать на вход ИК последовательность из нескольких контрольных значений давления, равномерно распределенных по диапазону изменения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Рекомендуемое количество контрольных значений – не менее 5, для ИК с ДИ, переходящим через 0 – не менее 11.
- 2) Рекомендуется задавать значения от минимального  $P_{\min}$  значения давления ДИ ИК к максимальному  $P_{\max}$  (прямой ход) и  $P_{\max}$  до  $P_{\min}$  (обратный ход).
- 3) Количество циклов измерений – не менее 1.
- 4) Для поверки ИК в системе отбора воздуха необходимо вручную управлять клапанами отсечения давления для поверки в полном ДИ ИК.

9.3.4 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.13 – 10.17.

9.3.5 Результаты поверки ИК МИД считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.3.6 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.3.5, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

#### 9.4 Определение погрешности ИК МИТ

**Проверку каждого ИК температуры газов в системе отбора воздуха выполнять в 3 этапа поэлементным способом:**

- 1-й этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;
  - 2-й этап – поверка электрической части ИК целью определения диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);
  - 3-й этап – определение и оценка максимальных погрешностей ИК.

#### 9.4.1 Для контроля (оценки) состояния и МХ ПП:

9.4.1.1 Отсоединить его от электрической части ИК. Проверить внешний вид и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование должно соответствовать сборочному чертежу, а маркировка типа и номера ПП – паспорту.

9.4.1.2 Проверить наличие действующего свидетельства о поверке (первичной или периодической) и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ и/или наличие сведений об определении метрологических характеристик.

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

9.4.2.1 Собрать схему поверки электрической части ИК в соответствии со схемой поверки (рисунок 3) для чего на вход электрической части ИК (к кабельной линии), вместо ПП, подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 3 – Схема поверки ИК МИТ с ПП термоэлектрического типа

9.4.2.2 С помощью средства поверки задать на вход электрической части ИК последовательность из нескольких контрольных значений электрического сигнала, соответствующих температуре, равномерно распределенных по диапазону измерения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- Примечание – при поверке ИИП ИК с встроенной компенсацией температуры холодного спая, а подключения производить термокомпенсационным кабелем соответствующего типа.

  - 1) Количество контрольных значений – не менее 5.
  - 2) Количество циклов измерений – не менее 1.
  - 3) Контрольные значения на средстве поверки устанавливать в режиме эмуляции сигнала термопары, соответствующей НСХ ПП ИК с включенной встроенной компенсацией температуры холодного спая, а подключения производить термокомпенсационным кабелем соответствующего типа.

9.4.2.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1, 10.4.

**Проверку каждого ИК напряжения постоянного тока, соответствующего температуре газа по тракту двигателя проводить в следующем порядке:**

9.4.3 Собрать схему поверки электрической части ИК в соответствии со схемой поверки (рисунок 4) для чего на вход электрической части ИК (к кабельной линии) подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 4 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего температуре газа по тракту двигателя

9.4.3.1 С помощью средства поверки задать на вход электрической части ИК последовательность из нескольких контрольных значений электрического сигнала, соответствующих температуре, равномерно распределенных по диапазону измерения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Количество контрольных значений – не менее 5.
- 2) Количество циклов измерений – не менее 1.
- 3) Контрольные значения на средстве поверки устанавливать в режиме эмуляции сигнала термопары, соответствующей НСХ ПП ИК с включенной встроенной компенсацией температуры холодного спая, а подключения производить термокомпенсационным кабелем соответствующего типа.

9.4.3.2 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1, 10.2.

**Проверку каждого ИК сопротивления постоянному току, соответствующего температуре газа (жидкости) по тракту двигателя, проводить в следующем порядке:**

9.4.4 Собрать схему поверки электрической части ИК в соответствии со схемой поверки (рисунок 5) для чего на вход электрической части ИК (к кабельной линии) подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 5 – Схема поверки ИК сопротивления постоянному току, соответствующего температуре газа (жидкости) по тракту двигателя

9.4.4.1 С помощью средства поверки задать на вход электрической части ИК последовательность из нескольких контрольных значений электрического сигнала, соответствующих температуре, равномерно распределенных по диапазону измерения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Количество контрольных значений – не менее 5.
- 2) Количество циклов измерений – не менее 1.
- 3) Контрольные значения на средстве поверки устанавливать в режиме эмуляции сигнала термометра сопротивления, соответствующего НСХ ПП ИК (Pt100/100П).

9.4.4.2 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1, 10.4.

9.4.5 Результаты поверки ИК МИТ считать положительными если:

- ПП ИК поверен, имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ и/или наличие сведений об определении метрологических характеристик (только для ИК температуры газов в системе отбора воздуха);
- погрешность электрической части ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.4.6 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.4.5, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 9.5 Определение погрешности ИК МИВиб

**Поверку каждого ИК величины заряда, соответствующего виброскорости, проводить в следующем порядке:**

9.5.1 Собрать схему поверки:

- Рисунок 6 – Схема поверки ИК МИВиб;
  - Рисунок 7 – Схема поверки ИК МИВиб при использовании меры емкости и генератора напряжения тока,
- для чего ко входам электрической части ИК МИВиб и ИК МИЧВР подключить средства поверки, выбранные в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 6 – Схема поверки ИК МИВиб

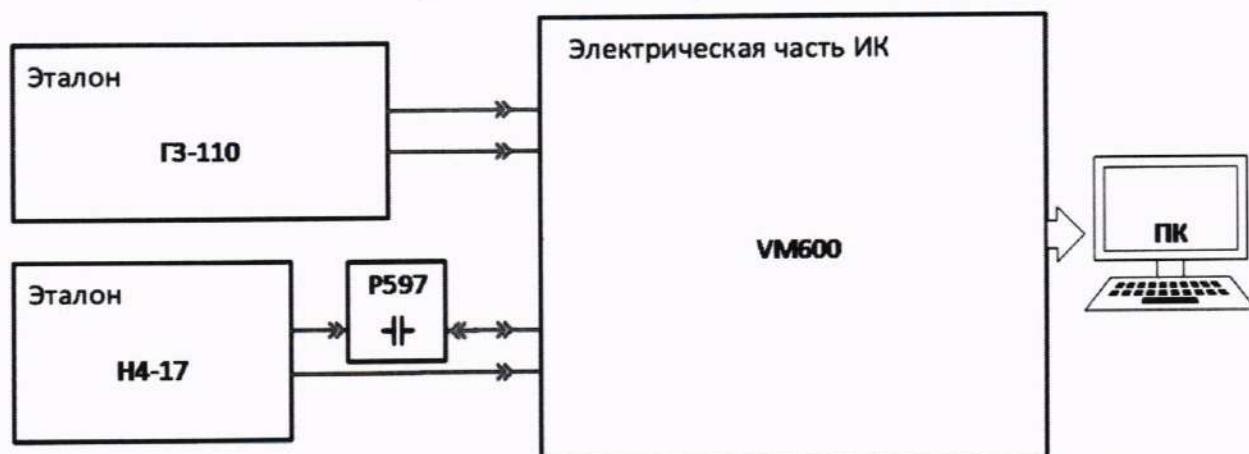


Рисунок 7 – Схема поверки ИК МИВиб при использовании меры емкости и калибратора напряжения переменного тока

Таблица 3 – Рекомендуемые контрольные точки для поверки ИК МИВиб

Амплитудная характеристика						
$V_{МИВиб}$ , [мм/с]	20	40	60	80	100	
$f_{МИВиб}$ , [Гц]			160			
$Q_{МИВиб}$ , [пКл]	20,097	40,195	60,292	80,389	100,49	
$f_{МИЧВР}$ , [Гц]			4800			

Частотная характеристика						
$V_{МИВиб}$ , [мм/с]			60			
$f_{МИВиб}$ , [Гц]	30	60	90	120	160	220
$f_{МИЧВР}$ , [Гц]	900	1800	2700	3600	4800	6600
$Q_{МИВиб}$ , [пКл]	11,305	22,610	33,914	45,219	60,292	82,901
						113,05

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Количество контрольных значений – не менее 5.
- 2) Количество циклов измерений – не менее 1.

### 9.5.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики:

9.5.2.1 С помощью средства поверки задать на вход ИК МИВиб последовательность из нескольких контрольных значений электрического заряда ( $Q_{МИВиб}$ ), соответствующих виброскорости ( $V_{МИВиб}$ ). Контрольные значения задавать на базовой частоте ( $f_{МИВиб}$ ) ПП, с

которыми работает ИК (ПП не входит в состав ИК). Рекомендуемые значения электрического заряда приведены в таблице 3.

9.5.2.2 С помощью средства поверки задать на вход ИК МИВиб контрольное значение частоты переменного тока ( $f$  мичвр), рекомендуемое значение которого приведено в таблице 3.

9.5.2.3 Произвести регистрацию/запись показаний в каждой контрольной точке.

9.5.2.4 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 и 10.4.

9.5.3 Определение неравномерности частотной характеристики:

9.5.3.1 С помощью средства поверки задать на вход ИК МИВиб последовательность из нескольких контрольных значений электрического заряда на различных частотах. Рекомендуемые значения электрического заряда и частот приведены в таблице 3.

9.5.3.2 С помощью средства поверки задать на вход ИК МИВиб последовательность из нескольких контрольных значений частоты переменного тока, рекомендуемые значения которых приведены в таблице 3.

9.5.3.3 Произвести регистрацию/запись показаний в каждой контрольной точке.

9.5.3.4 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 – 10.4.

9.5.4 Рассчитать суммарную приведенную погрешность ИК МИВиб, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулой 10.5 – путем сложения максимальных значений полученных приведенных погрешностей рассчитанных при определении нелинейности амплитудной характеристики (п. 9.5.2.4) и неравномерности частотной характеристики (9.5.3.4).

9.5.5 Результаты поверки ИК величины заряда, соответствующего виброскорости, считать положительными, если погрешность не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.5.6 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.5.5 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

**Поверку каждого ИК виброускорений и пульсаций давления проводить в следующем порядке:**

9.5.7 Собрать схему поверки:

- Рисунок 8 – Схема поверки ИК МИВиб;
- Рисунок 9 – Схема поверки ИК МИВиб при использовании меры емкости и генератора напряжения тока,

для чего ко входам электрической части ИК МИВиб подключить средство поверки, выбранные в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 8 – Схема поверки ИК МИВиб (ИК виброускорений и пульсаций давления)



Рисунок 9 – Схема поверки ИК МИВиб (ИК виброускорений и пульсаций давления) при использовании меры емкости и калибратора напряжения переменного тока

## 9.5.7.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики:

9.5.7.1.1 С помощью средства поверки задать на вход ИК последовательность из нескольких контрольных значений электрического заряда, равномерно распределенных по диапазону измерения. Контрольные значения рекомендуется задавать на частоте 1 кГц.

9.5.7.1.2 Произвести регистрацию/запись показаний в каждой контрольной точке.

9.5.7.1.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 и 10.4.

## 9.5.7.2 Определение неравномерности частотной характеристики:

9.5.7.2.1 С помощью средства поверки задать на вход ИК значение электрического заряда, соответствующее верхнему пределу поверяемого поддиапазона измерения. Рекомендуется определять неравномерность частотной характеристики при нескольких (не менее 3) контрольных значениях частоты электрического заряда, равномерно распределенных в диапазоне от 1 до 40 кГц.

9.5.7.2.2 Произвести регистрацию/запись показаний в каждой контрольной точке.

9.5.7.2.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 – 10.4.

9.5.7.3 Рассчитать суммарную приведенную погрешность ИК, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулой 10.5 – путем сложения максимальных значений полученных приведенных погрешностей рассчитанных при определении нелинейности амплитудной характеристики (п. 9.5.7.1.3) и неравномерности частотной характеристики (п. 9.5.7.2.3).

9.5.7.4 Результаты поверки ИК виброускорений и пульсаций давления считать положительными, если погрешность не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.5.7.5 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.5.7.4, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 9.6 Определение погрешности ИК МИЧВР

Поверку каждого ИК комплектном способом выполнять следующим образом:

9.6.1 Собрать схему поверки в соответствии со схемой поверки (рисунок 10), для чего ко входу ПП подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.

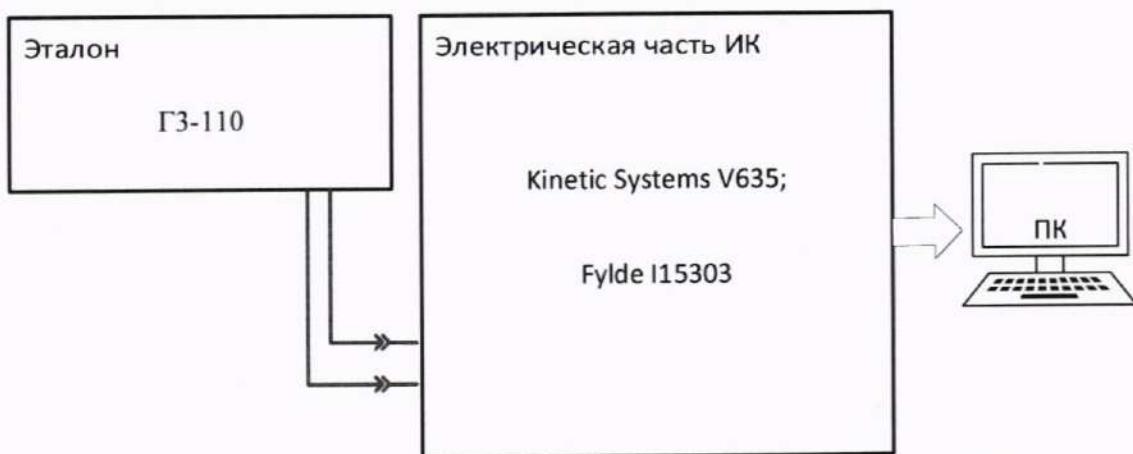


Рисунок 10 – Схема поверки ИК МИЧВР

9.6.2 С помощью средства поверки задать на вход ИК последовательность из нескольких контрольных значений частоты переменного тока, равномерно распределенных по диапазону измерения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Рекомендуемое количество контрольных значений – не менее 5.
- 2) Количество циклов измерений – не менее 1.

9.6.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 и 10.2.

9.6.4 Результаты поверки ИК МИЧВР считать положительными, если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.6.5 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.6.4, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 9.7 Определение погрешности ИК напряжения постоянного и переменного тока (МИАВ и МИДП)

Поверку каждого ИК выполнять следующим образом:

9.7.1 Собрать схему поверки в соответствии со схемой поверки

- Рисунок 11 – для ИК напряжения постоянного тока;
- Рисунок 12 – для ИК амплитуды напряжения переменного тока,

для чего ко входам ИК подключить средства поверки, выбранные в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 11 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока МИАВ



Рисунок 12 – Схема поверки ИК амплитуды напряжения переменного тока МИДП

9.7.2 С помощью средства поверки задать на вход ИК последовательность из нескольких контрольных значений напряжения постоянного (для ИК напряжения постоянного тока) или переменного (для ИК амплитуды напряжения переменного тока) тока, равномерно распределенных по диапазону измерения ИК включая нижнее и верхнее значения, и произвести регистрацию/запись показаний:

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Количество контрольных значений – не менее 5.
- 2) Количество циклов измерений – не менее 1.

9.7.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 и 10.4.

9.7.4 Результаты поверки ИК напряжения постоянного и переменного тока считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.7.5 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.7.4, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 9.8 Определение погрешности ИК напряжения тензодатчиков (МИДП)

Проверку каждого ИК выполнять следующим образом:

9.8.1 Собрать схему поверки в соответствии со схемой поверки (рисунок 13), для чего ко входу ИК подключить средство поверки, выбранное в соответствии с таблицей 2 настоящей МП.



Рисунок 13 – Схема поверки ИК напряжения тензодатчиков

9.8.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики:

9.8.2.1 С помощью средства поверки задать на вход ИК последовательность из нескольких контрольных значений напряжения переменного тока, равномерно распределенных по диапазону измерения. Контрольные значения рекомендуется задавать на частоте 1 кГц.

9.8.2.2 Произвести регистрацию/запись показаний в каждой контрольной точке.

9.8.2.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 и 10.4.

9.8.3 Определение неравномерности частотной характеристики:

9.8.3.1 С помощью средства поверки задать на вход ИК значение напряжения переменного тока, соответствующее верхнему пределу поверяемого поддиапазона измерения. Рекомендуется определять неравномерность частотной характеристики при нескольких (не менее 3) контрольных значениях частоты напряжения переменного тока, равномерно распределенных в диапазоне от 1 до 40 кГц.

9.8.3.2 Произвести регистрацию/запись показаний в каждой контрольной точке.

9.8.3.3 Провести обработку записанных данных, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулами 10.1 – 10.4.

9.8.4 Рассчитать суммарную приведенную погрешность ИК, руководствуясь разделом 10 настоящей методики и формулой 10.5 – путем сложения максимальных значений полученных приведенных погрешностей рассчитанных при определении нелинейности амплитудной характеристики (п. 9.8.2.3) и неравномерности частотной характеристики (9.8.3.3).

9.8.5 Результаты поверки ИК напряжения тензодатчиков считать положительными, если погрешность не превышает значений, приведенных в приложении А настоящей МП.

9.8.6 В случае невыполнения условий, указанных в п. 9.8.5, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

## 10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Обработку результатов измерений допускается проводить с помощью ПО (Calibr\_7).

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

### 10.1 Обработка результатов измерений (общие подходы)

#### 10.1.1 Расчет абсолютной погрешности ИК:

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

$$A_j = \pm |A_j - A_{j\vartheta}|, \quad (10.1)$$

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

#### 10.1.2 Расчет относительной погрешности ИК:

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

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

#### 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:

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

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:

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

#### 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:

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

где  $\theta_{\text{пп}}$  – значение погрешности (абсолютной, относительной или приведенной) первичного преобразователя;  $\widehat{\theta A}$  – максимальное значение погрешности (абсолютной, относительной или приведенной) измерений электрической части ИК.

## 10.2 Обработка результатов измерений МИС

10.2.1 Определяем среднеарифметические значения исправленных показаний (по n-циклам) в k-ой контрольной точке:

$$\overline{R_{ИКк}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ИКi}(R_{0K}); \quad \overline{R'_{ИКк}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R'_{ИКi}(R_{0K}), \quad (10.6)$$

где  $R_{0K}$  – значения силы, установленные с помощью ПГУ в k-ой контрольной точке по показаниям эталонного динамометра;  $R_{ИКi}$  и  $R'_{ИКi}$  – показания измерительного канала в k-ой контрольной точке при повышении и понижении силы соответственно; n – число циклов нагружения.

10.2.2 Определяем систематическую составляющую погрешности в k-ой контрольной точке:

$$\Delta_{cK} = \frac{\overline{R_{ИКк}} + \overline{R'_{ИКк}}}{2} - R_{0K} \quad (10.7)$$

10.2.3 Определяем абсолютное значение вариации в k-ой контрольной точке:

$$h_K = |\overline{R_{ИКк}} - \overline{R'_{ИКк}}| \quad (10.8)$$

10.2.4 Определяем СКО случайной составляющей погрешности (по n-циклам) в k-ой контрольной точке:

$$S_{0K} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{ИКi}(R_{0K}) - \overline{R_{ИКк}})^2 + \sum_{i=1}^n (R'_{ИКi}(R_{0K}) - \overline{R'_{ИКк}})^2}{2n - 1}} \quad (10.9)$$

10.2.5 Определяем абсолютную погрешность ИК в k-ой контрольной точке (при доверительной вероятности 0,95):

$$\Delta_K = \frac{t \cdot \frac{S_{0K}}{\sqrt{2n}} + \left| \frac{h_K}{2} \right| + |\Delta_{cK}|}{\frac{S_{0K}}{\sqrt{2n}} + \frac{\left| \frac{h_K}{2} \right| + |\Delta_{cK}|}{\sqrt{3}}} \cdot \sqrt{\left( \frac{S_{0K}}{\sqrt{2n}} \right)^2 + \left( \frac{\left| \frac{h_K}{2} \right| + |\Delta_{cK}|}{\sqrt{3}} \right)^2}, \quad (10.10)$$

где t – значение коэффициента Стьюдента для распределения с 2n-1 степенями свободы при доверительной вероятности 0,95.

10.2.6 Определяем относительную погрешность в k-ой контрольной точке, выраженную в процентах (если для k-ой контрольной точки нормируется относительная погрешность):

$$\delta_K = \frac{\Delta_K}{R_{0K}} \cdot 100\% \quad (10.11)$$

10.2.7 Определяем приведенную погрешность в k-ой контрольной точке, выраженную в процентах (если для k-ой контрольной точки нормируется приведенная погрешность):

$$\gamma_K = \frac{\Delta_K}{R_{НЗ}} \cdot 100\%, \quad (10.12)$$

где  $R_{НЗ}$  – верхний предел нижнего поддиапазона измерения ИК, для которого нормирована приведенная к ВП погрешность.

### 10.3 Обработка результатов измерений МИД

10.3.1 Определяем систематическую составляющую погрешности в k-ой контрольной точке:

$$\Delta P_{k(\text{сист})} = \frac{P_{k(\text{прям})} + P_{k(\text{обр})}}{2} - P_k, \quad (10.13)$$

где  $P_{k(\text{прям})}$  и  $P_{k(\text{обр})}$  – показания ИК при прямом и обратном ходе соответственно;  $P_k$  – показания средства поверки.

10.3.2 Определяем абсолютное значение вариации в k-ой контрольной точке:

$$\Delta P_{k(\text{вар})} = |P_{k(\text{прям})} - P_{k(\text{обр})}| \quad (10.14)$$

10.3.3 Определяем суммарную абсолютную погрешность ИК:

$$\Delta P_k = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta P_{k(\text{сист})}^2 + \Delta P_{k(\text{случ})}^2 + \left( \frac{\Delta P_{k(\text{вар})}}{2} \right)^2}, \quad (10.15)$$

где  $\Delta P_{k(\text{случ})}$  – случайная составляющая погрешности (обычно можно не учитывать ввиду ее малости).

10.3.4 Определяем относительную погрешность в k-ой контрольной точке, выраженную в процентах (если для k-ой контрольной точки нормируется относительная погрешность):

$$\delta_k = \left| \frac{\Delta P_k}{P_k} \right| \cdot 100\% \quad (10.16)$$

10.3.5 Определяем приведенную погрешность в k-ой контрольной точке, выраженную в процентах (если для k-ой контрольной точки нормируется приведенная погрешность):

$$\gamma_k = \left| \frac{\Delta P_k}{P_{H3}} \right| \cdot 100\%, \quad (10.17)$$

где  $P_{H3}$  – нормированное значение давления к которому приводится погрешность ИК.

### 10.4 Критерии принятия решения по подтверждению соответствия системы метрологическим требованиям:

10.4.1 Результаты поверки ИК системы считать положительными, если границы погрешности измерений ИК по результатам поверки находятся в допускаемых пределах, указанных в Приложении А.

## 11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 Результаты поверки заносятся в протокол поверки.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего её на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки выдает свидетельство о поверке и (или) вносит запись о проведенной поверке в паспорт (формуляр). В случае отрицательных результатов поверки выдает извещения о непригодности к применению.

11.4 В случае отрицательных результатов поверки, после устранения причин неисправности проводится повторная поверка в соответствии с требованиями настоящей методики.

11.5 Требования по защите системы от несанкционированного вмешательства, которое может повлечь изменение метрологических характеристик, обеспечиваются ограничением доступа к месту установки Системы и запиранием ключом замка на дверях шкафов.

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

Заместитель начальника отдела

Начальник сектора

Б.И. Минеев

Р.Г. Павлов

М.В. Корнеев

**Приложение А**  
*(обязательное)*
**Метрологические характеристики системы**

Таблица 3 – Метрологические характеристики DAS-2-ОАТВ

Измеряемые параметры (обозначение в Системе)	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности		
		На ПП	На электрическую часть ИК	На весь ИК
1	2	3	4	5
<b>ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидким сред</b>				
Давление газов по тракту ГТД	от -2,5 до +2,5 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$	
	от -17,5 до 0 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ДИ}$	
	от 0 до 17,5 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ДИ}$	
	от -35 до -17,5 кПа	комплектная поверка	$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$	
	от 17,5 до 35 кПа	комплектная поверка	$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$	
	от -82 до +50 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$	
	от 50 до 105 кПа	комплектная поверка	$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$	
	от -82 до +60 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$	
	от 60 до 315 кПа	комплектная поверка	$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$	
	от 0 до 350 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$	
	от 350 до 700 кПа	комплектная поверка	$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$	
	от 0 до 1750 кПа	комплектная поверка	$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$	
	от 1750 до 3500 кПа	комплектная поверка	$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$	
Давление жидкостей	от 0 до 3500 кПа	комплектная поверка		
	от 0 до 6900 кПа	комплектная поверка		
	от 0 до 10400 кПа	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,5\% \text{ от ВП}$
	от 0 до 20800 кПа	комплектная поверка		
Перепад давления жидкостей	от -7 до +7 кПа	комплектная поверка		
	от -35 до +35 кПа	комплектная поверка		
	от -35 до +70 кПа	комплектная поверка		
	от 0 до 350 кПа	комплектная поверка		
Дифференциальное давление воздуха в трубе отбора воздуха	от 0 до 20 кПа	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$
	от 20 до 40 кПа	комплектная поверка		$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$
	от 0 до 25 кПа	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$
	от 25 до 50 кПа	комплектная поверка		$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$
	от 0 до 1 кПа	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$
	от 1 до 2 кПа	комплектная поверка		$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$
Полное давление воздуха в трубе отбора воздуха	от 100 до 1000 кПа	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$
	от 1000 до 2000 кПа	комплектная поверка		$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$
	от 100 до 2000 кПа	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,3\% \text{ от ВП}$
	от 2000 до 4000 кПа	комплектная поверка		$\delta: \pm 0,3\% \text{ от ИЗ}$
<b>ИК сигналов от датчиков температуры</b>				
Температура газов в системе отбора воздуха	от -40 °C до +600 °C	$\Delta: \pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (до 375 °C) $\delta: \pm 0,4\% \text{ от ИЗ}$ (свыше 375 °C)	$\gamma: \pm 0,1\% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 0,5\% \text{ от ВП}$
Напряжение постоянного тока, соот-	от -50 °C до +1300 °C (от -1,9 до +52,4 мВ)	комплектная поверка		$\gamma: \pm 0,05\% \text{ от ВП}$

соответствующее температуре газа по тракту двигателя (каналы термопар), в диапазоне ТЭДС ТП типа К			
Сопротивление постоянному току, соответствующее температуре газа (жидкости) по тракту двигателя	от -150 °C до +680 °C (от 40 до 340 Ом)	комплектная поверка	γ: ± 0,1 % от ВП
ИК расхода жидкости			
Расход топлива	от 200 до 3000 кг/ч	δ: ± 0,25 % от ИЗ	δ: ± 0,05 % от ИЗ
	от 2400 до 25000 кг/ч	δ: ± 0,25 % от ИЗ	δ: ± 0,05 % от ИЗ
ИК силы от тяги двигателя			
Прямая сила от тяги двигателя	от 0 до 26,69 кН	комплектная поверка	γ: ± 0,3 % от ВП
	от 26,69 до 222,41 кН	комплектная поверка	δ: ± 0,3 % от ИЗ
Обратная сила от тяги двигателя	от 0 до 35,59 кН	комплектная поверка	γ: ± 0,3 % от ВП
	от 35,59 до 115,69 кН	комплектная поверка	δ: ± 0,3 % от ИЗ
ИК сигналов от датчиков виброскорости, виброускорения, пульсаций давления (электрический заряд, соответствующий виброскорости, виброускорению и пульсациям давления)			
Величина заряда, соответствующего виброскорости (преобразование сигнала со штатных датчиков вибрации двигателя)	от 0 до 100 мм/с (от -100 до +100 пКл от -2000 до +2000 пКл от -5000 до +5000 пКл от -10000 до +10000 пКл)	комплектная поверка	γ: ± 1,5 % от ВП
Величина заряда (каналы используются для измерения виброускорений и пульсаций давления)	от -100 до +100 пКл	комплектная поверка	γ: ± 1,5 % от ВП
	от -200 до +200 пКл		
	от -400 до +400 пКл		
	от -825 до +825 пКл		
	от -1650 до +1650 пКл		
	от -3300 до +3300 пКл		
	от -6600 до +6600 пКл		
	от -9999 до +9999 пКл		
ИК напряжения постоянного и переменного тока			
Амплитуда напряжения переменного тока	от -0,5 до +0,5 В	комплектная поверка	γ: ± 0,5 % от ВП
	от -1 до +1 В		
	от -5 до +5 В		
	от -10 до +10 В		
	от -0,0625 до +0,0625	комплектная поверка	γ: ± 0,1 % от ВП

Напряжение постоянного тока	В		
	от -0,25 до +0,25 В		
	от -1 до +1 В		
	от -4 до +4 В		
Напряжение тензодатчиков (конфигурации полумост, мост и одиночных тензодатчиков с питанием током)	от -15 до +15 В		
	ИК напряжения тензодатчиков		
	от -62,5 до +62,5 мВ	комплектная поверка	$\gamma: \pm 1,5\% \text{ от ВП}$
	от -125 до +125 мВ		
	от -250 до +250 мВ		
	от -500 до +500 мВ		
	от -1 до +1 В		

## Примечания:

- 1 ВП – верхний предел измерения;
- 2 ИЗ – измеряемое значение;
- 3 ТЭДС – термоэлектродвижущая сила;
- 4 ТП – термопреобразователь;
- 5 ГТД – газотурбинный двигатель;
- 6  $\gamma$  – приведенная погрешность, %;
- 7  $\delta$  – относительная погрешность, %.