

СОГЛАСОВАНО

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



В.Г. Марков

2025 г.

ГСИ. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МБДА.2527.0300.000

Методика поверки

МБДА.2527.0300.000 МП

2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	7
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	8
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	9
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
9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	21
10 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	54
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)	62
ПРИЛОЖЕНИЕ В (РЕКОМЕНДУЕМОЕ).....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (РЕКОМЕНДУЕМОЕ).....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ).....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)	74
ПРИЛОЖЕНИЕ И (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)	77
ПРИЛОЖЕНИЕ К (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ).....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Л (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ).....	90

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АРМ	–	автоматизированное рабочее место сбора данных АИИС
ВП	–	верхний 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 допускаемой погрешности измерений
ИК	–	измерительный канал (каналы)
ИП	–	измерительный преобразователь
ИФП	–	индивидуальная функция преобразования (градуировочная характеристика)
КТ	–	контрольная точка диапазона измерений (ДИ), в которой устанавливается (задается) номинальное действительное значение измеряемой величины, принимаемое за истинное, при проведении экспериментальных исследований поверяемого ИК
ЛКМ	–	левая кнопка манипулятора «мышь»
МП	–	методика поверки
МХ	–	метрологические характеристики
НП	–	нижний предел диапазона измерений
НФП	–	номинальная функция преобразования (градуировочная характеристика)
ПК	–	персональный компьютер
ПКМ	–	правая кнопка манипулятора «мышь»
ПО	–	программное обеспечение
ПИП	–	первичный измерительный преобразователь (датчик)
СИ	–	средства измерений
СП	–	средства поверки (этalon) СИ или средства проверки технических характеристик СИ
СТО	–	стендовое технологическое оборудование

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (МП) разработана в соответствии с требованиями РМГ 51-2002, приказом Минпромторга России №2510 от 31.07.2020 г. и устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодических поверок измерительных каналов (ИК) системы автоматизированной информационно-измерительной МБДА.2527.0300.000 (далее – АИИС).

Система предназначена для измерений параметров при испытаниях авиационных двигателей: частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения роторов; давления жидкостей и газов; температуры жидкостей и газов; напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований первичных измерительных преобразователей (ПИП) термоэлектрического типа ХА(К); амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения; амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения; относительной влажности атмосферного воздуха; массового расхода топлива; силы от тяги двигателя, а также для отображения результатов измерений и расчетных величин и их регистрации в ходе проведения испытаний газотурбинных двигателей серии CFM56 на стенде № 27 ПАО «ОДК-Сатурн».

1.2 АИИС является многоканальной измерительной системой, отнесенной в установленном порядке к средствам измерений, и подлежит государственному регулированию обеспечения единства измерений на всех этапах жизненного цикла, включая эксплуатацию.

Структура АИИС приведена на схеме МРКД.2527.0300.000Е1, а характеристики ИК указаны в таблице А1 приложения А к настоящей МП.

Функционально АИИС включает в себя 8 типов ИК, предназначенных для измерений в различных диапазонах следующих физических величин:

- ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения валов;
- ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред;
- ИК температуры жидкостей и газов;
- ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К);
- ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения;
- ИК амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения;
- ИК относительной влажности атмосферного воздуха;
- ИК массового расхода топлива;
- ИК силы от тяги двигателя.

1.3 Способы поверки

1.3.1 Настоящая МП устанавливает комплектный и поэлементный способы поверки ИК.

1.3.2 ИК всех перечисленных типов относятся к каналам прямых измерений параметров (физических величин).

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

1.5 АИИС обеспечивает прослеживаемость к следующим Государственным первичным эталонам: ГЭТ 4-91 «ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока» в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 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 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 89-2008 «ГПСЭ единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот $10 - 3 \cdot 10^7$ Гц» 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 107-2019 «ГПСЭ единицы электрической емкости в диапазоне частот от 1 до 300 МГц» в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «02» июня 2021 г. № 926 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрической емкости в диапазоне частот от 1 до 300 МГц».

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 АИИС, 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
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 ИК:	9.1	да	да
3.1 Определение погрешностей ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения валов	9.2	да	да
3.2 Определение погрешностей ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред	9.3	да	да
3.3 Определение погрешностей ИК температуры жидкостей и газов.	9.4	да	да
3.4 Определение погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К).	9.5	да	да
3.5 Определение погрешности ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения.	9.6	да	да
3.6 Определение погрешности ИК амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения	9.7	да	да
3.7 Определение погрешности ИК относительной влажности атмосферного воздуха	9.8	да	да
3.8 Определение погрешности ИК массового расхода топлива.	9.9	да	да
3.9 Определение погрешности ИК силы от тяги двигателя.	9.10	да	да
4 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	10	да	да
5 Оформление результатов поверки	11	да	да

Примечания:

1 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

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

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Поверка должна проводиться в рабочих условиях эксплуатации АИИС.

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия окружающей среды:

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| - температура воздуха, °C | от 10 до 30; |
| - относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80; |
| - атмосферное давление, кПа | от 96 до 106. |

3.2 Питание АИИС:

- | | |
|--|----------------|
| - напряжение питающей сети переменного тока, В | 230 ± 23 ; |
| - частота питающей сети переменного тока, Гц | 50 ± 1 . |

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

Примечание – При выполнении поверок ИК АИИС условия окружающей среды для СП должны соответствовать требованиям, указанным в руководствах на их эксплуатацию.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие руководство по эксплуатации (РЭ) на АИИС и входящие в её состав аппаратные и программные средства;
- имеющие достаточную квалификацию;
- знающие принцип действия используемых средств измерений;
- прошедшие инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке;
- освоившие работу с используемыми средствами поверки;
- изучившие настоящую методику поверки.

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

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки, рег. № в ФИФ по ОЕИ
Основные средства поверки		
9.2	Рабочий эталон 5 разряда 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» в диапазоне до 20 кГц	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-136, рег. № 44849-10
9.5	Рабочий эталон 3 разряда в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2023 г. № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от -10 до +100 мВ	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012, рег. №56318-14
9.4	Рабочий эталон 2 разряда в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» в диапазоне от 4 до 20 мА	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012, рег. №56318-14
9.6, 9.7	Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.23 г. «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» в амплитудном диапазоне от 0 до 150 В	Калибратор универсальный Н4-17, рег. № 46628-11
9.6, 9.7	Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта № 926 от 02.06.2021 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрической ёмкости в диапазоне частот от 1 до 300 МГц»	Мера ёмкости Р597/7 1000 пФ, рег. №02684-70

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки, рег. № в ФИФ по ОЕИ
9.3 (ИК атмосферного давления на уровне оси двигателя)	Поверяется автономно по документу МИ 2699-2005 «Барометры вибрационно-частотные. Методика поверки».	
9.3 (10 ИК с ПИП МИДА-15)	Поверяются автономно по документу МДВГ.4062330.033 РЭ «Датчики давления МИДА-15. Руководство по эксплуатации», раздел 4 «Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» 25 мая 2017 г.	
9.3 (8 ИК с ПИП ПДЭ-020)	Поверяются автономно по документу НКГЖ.406233.015-03МП «Преобразователи давления эталонные ПДЭ-020, ПДЭ-020И. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» 31.03.2014 г.	
9.3 (2 ИК, реализуемых средствами систем DAS-2-27/28)	Поверяются по разделу 9.3 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»	
9.4 (3 ИК, реализуемых средствами систем DAS-2-27/28)	Поверяются по разделу 9.4 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»	
9.8	Поверяется по разделу 9.7 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»	
9.9	Поверяется по разделу 9.2 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»	
9.10	Поверяется по разделу 9.1 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»	
Вспомогательные средства поверки		
9.2 – 9.10	Средство измерений условий окружающей среды: Термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11	
9.2	Кабель БЛИЖ.431583.011.589	
9.5	Кабель КИ2012К (из штатного состава «Элемер-ИКСУ-2012»)	
9.4	Кабель КИ2012П (из штатного состава «Элемер-ИКСУ-2012»)	
9.6, 9.7	1) Кабель К2 (из комплекта калибратора Н4-17) 2) Кабель технологический №2527-001	

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 «ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевыми Правилами по охране труда (Правила безопасности) 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. 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 стенда 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;
- помещение, где проводится поверка, должно быть оборудовано пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения
- работы по выполнению поверки АИИС должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за эксплуатацию испытательного стенда.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

- комплектность АИИС должна соответствовать РЭ и формуляру на АИИС ;
- маркировка ИК АИИС должна соответствовать требованиям проектной и эксплуатационной документации;
- измерительные, вспомогательные и соединительные компоненты (кабельные разъемы, клеммные колодки и т. д.) ИК АИИС 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;
- экранирование кабелей и проводов должно быть соединено между собой и с заземляющим контуром в соответствии с электрическими схемами;
- АИИС 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 АИИС к работе в соответствии с п.2.4 Руководства по эксплуатации МБДА.2756.0300.000 РЭ

8.1.2 Включить АИИС в соответствии с п.2.5.1 Руководства по эксплуатации МБДА.2527.0300.000 РЭ.

8.1.3 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 3.

8.1.4 При подготовке к поверке:

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

- технические средства, если они находились в условиях отрицательных температур, либо повышенной влажности, выдержать не менее 2 часов в условиях, указанных в разделе 3;

- 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.

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

8.2 Идентификация ПО

8.2.1 На экранах мониторов А323 и А324, подключенных к PromPC А331, и на мониторах А313 и А314, подключенных к PromPC АРМ А311, после включения Системы должен быть рабочий стол загруженной операционной системы Windows.

8.2.2 Для проверки наименования и версии метрологически значимого ПО выполнить следующие операции:

8.2.2.1 Запустить ПО «СИАМ-Сервер»¹ на PromPC А331 (с мониторами А323 и А324) нажатием ЛКМ ярлыка на рабочем столе Windows (рисунок 1).



Рисунок 1 - Ярлык на рабочем столе Windows для запуска «СИАМ-Сервер»

8.2.2.2 Запустить ПО «СИАМ-Клиент» на PromPC А311 (с мониторами А313 и А314) нажатием ЛКМ иконы  на рабочем столе Windows (Рисунок 2):

¹ ПО «СИАМ-Сервер» является графической надстройкой для метрологически значимого ПО «Recorder»

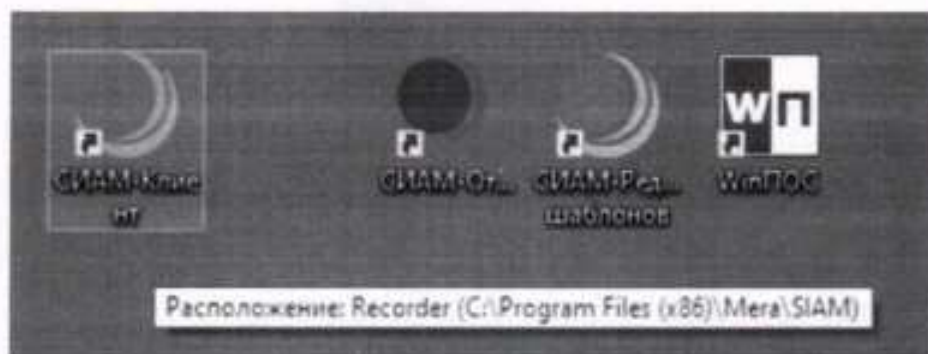


Рисунок 2 – Запуск «СИАМ-Клиент» через ярлык с рабочего стола Windows

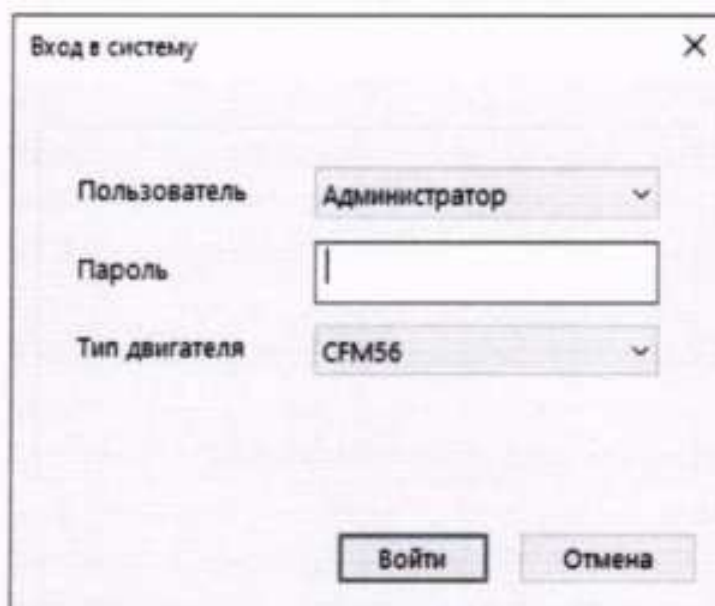


Рисунок 3 – Вид окна для выбора рабочей модификации двигателя в ПО «СИАМ-Клиент»

8.2.2.3 Появившееся окно входа в систему привести к виду, представленному на рисунке 3, используя выпадающие списки полей «Пользователь» и «Тип двигателя».

8.2.2.4 В окне «Пароль» ввести пароль администратора (предоставленный ответственным пользователем Системы) и нажать ЛКМ кнопку «Войти».

8.2.2.5 На PromPC A331 (с мониторами A323 и A324) следует дождаться загрузки конфигурации CFM56.rcfg в ПО «СИАМ-Сервер» и в главном окне программы (рисунок 4) щелчком правой кнопки «мыши» (ПКМ) по пиктограмме  в левом верхнем углу окна открыть контекстное меню (рисунок 5).

8.2.2.6 Щелчком ЛКМ в контекстном меню на опции «О программе» открыть информационное окно ПО «Recorder» (рисунок 6).

8.2.2.7 Убедиться в соответствии характеристик в информационном окне ПО «Recorder», характеристикам программного обеспечения, приведенным ниже:

- идентификационное наименование – scales.dll;
- номер версии scales.dll – 1.0.0.8;
- ID (цифровой идентификатор) – F3D0E352.

8.3 Проверка работоспособности ИК АИИС

Проверку работоспособности проверяемых ИК АИИС выполнить в соответствии с п.1.1.6 РЭ.

8.4 Подготовка АИИС к проверке

Для осуществления настройки ПО на поверку конкретного ИК СИРПД необходимо выполнить следующие операции.

8.4.1 На PromPC A331 (с мониторами A323 и A324) в окне загруженной конфигурации CFM56.rcfg в ПО «СИАМ-Сервер» (в соответствии с п.п.8.2.2.5 настоящего документа) выбрать нажатием ЛКМ вкладку «Цифровой формуляр».

8.4.2 В окне с цифровым формуляром (рисунок 4) нажатием клавиши F12 на клавиатуре рабочего места оператора открыть окно «Настройка» ПО «Recorder» (пример дан на рисунке 4 Руководства по эксплуатации МБДА.2756.0300.000 РЭ).

8.4.3 В окне «Настройка» нажатием ЛКМ выбрать вкладку «Каналы» (пример дан на рисунке 5 Руководства по эксплуатации МБДА.2756.0300.000 РЭ).

8.4.4 В окне с открытой вкладкой «Каналы» установить курсор манипулятора «мышь» на строку ИК, подлежащего поверке.

8.4.5 Открыть диалоговое окно «Настройка канала...» двойным нажатием ЛКМ на выделенном ИК, вид которого представлен на рисунке 7.

8.4.6 Во вкладке «Параметры» окна «Настройка канала...», в разделе «Канальная ГХ», нажать ЛКМ кнопку  «Калибровка канала».

8.4.7 В открывшемся диалоговом окне «Выбор типа градуировки...» (рисунок 8) выбрать нажатием ЛКМ в разделе «Произвести...» поля: «проверку...», «стандартная», а затем нажать кнопку «Далее».

8.4.8 Открывшееся диалоговое окно «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) соответствует случаю выбора одного ИК для поверки. При выборе для поверки группы ИК сведения о каждом из выбранных каналов будут представлены своей строкой в таблице в левой части окна. В окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) установить значения настроечных параметров с учетом сведений, указанных в таблице 8.4.



Рисунок 7 – Вид диалогового окна «Настройка канала...»



Рисунок 8 – Вид диалогового окна «Выбор типа градуировки/калибровки/проверки (канальная)»

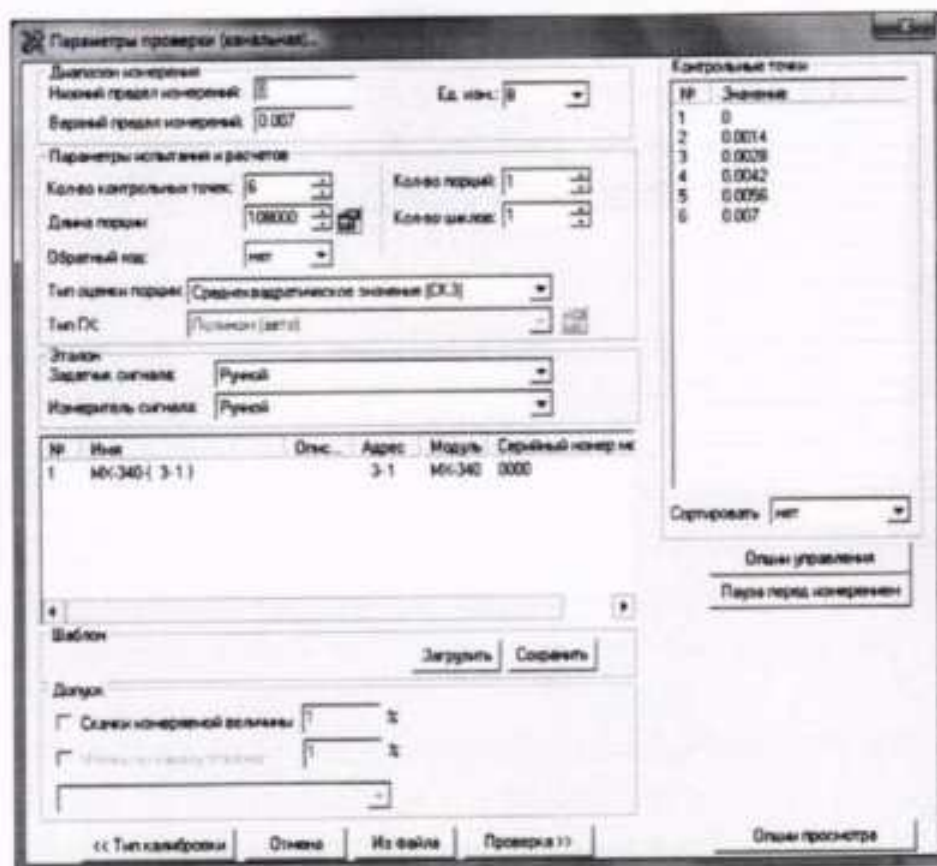


Рисунок 9 – Вид диалогового окна «Параметры проверки (канальная)...

Таблица 8.4 – Установка настроечных параметров для поверки ИК в окне «Параметры проверки (канальная)...

Наименование поля в окне «Параметры проверки (канальная)...		Значение
<i>Раздел «По крайним точкам проверки»</i>		
«Нижний измерений»	предел	Таблица контрольных точек для выбранного ИК (раздел 9 ²): - значение в поле «НП ДИ ИК»; - либо значение нижней границы диапазона измерений в поле «ДИ ИК»
«Верхний измерений»	предел	Таблица контрольных точек для выбранного ИК (раздел 9): - значение в поле «ВП ДИ ИК»; - либо значение верхней границы диапазона измерений в поле «ДИ ИК»
«Ед. изм.:»		Единицы измерения выбранного для поверки ИК
<i>Раздел «Параметры испытания и расчетов»</i>		
«Количество контрольных точек»		«Количество контрольных точек»
«Длина порции» ³		«Длина порции» ⁴
«Количество порций» ⁵		«Количество порций» ⁶

² Здесь и далее в таблице 8.4: раздел 9 настоящей методики поверки: «Определение метрологических характеристик средства измерений»

³ Длина порции – количество единичных отсчетов измеренных значений сигнала. По единичным отсчетам в порции проводится усреднение измеренной величины. Усреднение значений позволяет уменьшить случайную ошибку при расчете. С увеличением длины порции случайная ошибка уменьшается

⁴ Длина порции – количество единичных отсчетов измеренных значений сигнала. По единичным отсчетам в порции проводится усреднение измеренной величины. Усреднение значений позволяет уменьшить случайную ошибку при расчете. С увеличением длины порции случайная ошибка уменьшается

⁵ Количество порций – количество выборок указанной длины порции, осуществляемых для одной контрольной точки

Наименование поля в окне «Параметры проверки (канальная)...»	Значение
«Количество циклов» ⁷	«Количество циклов» ⁸
«Обратный ход» ⁹	«Обратный ход» ¹⁰
<i>Раздел «Параметры испытания и расчетов»</i>	
«Количество контрольных точек»	«Количество контрольных точек»
«Длина порции» ¹¹	Устанавливается согласно требованиям для выбранного ИК в соответствующем ему разделе 9
«Количество порций» ¹²	«1»
«Количество циклов» ¹³	«1»
«Обратный ход» ¹⁴	«Нет»
«Тип оценки порции» ¹⁵	Устанавливается согласно требованиям для выбранного ИК в соответствующем ему разделе 9
<i>Раздел «Эталон»</i>	
«Задатчик сигнала»	«Задатчик сигнала»
«Измеритель сигнала»	«Измеритель сигнала»
<i>Раздел «Контрольные точки»</i>	
«№»	Заполняется программой автоматически, с равномерным распределением контрольных точек по диапазону измерений, включая начало и конец диапазона. ПО позволяет скорректировать подобранные программой значения нажатием ЛКМ и вводом с клавиатуры необходимых значений (см. таблицу контрольных точек в разделе 9 для выбранного ИК)

8.4.9 Для назначения длительности паузы перед измерением в каждой контрольной точке необходимо нажать ЛКМ кнопку «Пауза перед измерением». При этом откроется окно, представленное на рисунке 10. После назначения длительности паузы необходимо нажать в этом окне кнопку «Применить».

⁶ Количество порций – количество выборок указанной длины порции, осуществляемых для одной контрольной точки

⁷ Количество циклов – число, задающее количество повторов циклов проведения измерений по всем контрольным точкам диапазона измерений

⁸ Количество циклов – число, задающее количество повторов циклов проведения измерений по всем контрольным точкам диапазона измерений

⁹ Функция «Обратный ход» включает механизм, при котором в режиме калибровки/градуировки помимо прямого прохода по контрольным точкам производится обратный ход. Эта функция необходима в случае, когда требуется учет гистерезиса

¹⁰ Функция «Обратный ход» включает механизм, при котором в режиме калибровки/градуировки помимо прямого прохода по контрольным точкам производится обратный ход. Эта функция необходима в случае, когда требуется учет гистерезиса

¹¹ Длина порции – количество единичных отсчетов измеренных значений сигнала. По единичным отсчетам в порции проводится усреднение измеренной величины. Усреднение значений позволяет уменьшить случайную ошибку при расчете. С увеличением длины порции случайная ошибка уменьшается

¹² Количество порций – количество выборок указанной длины порции, осуществляемых для одной контрольной точки

¹³ Количество циклов – число, задающее количество повторов циклов проведения измерений по всем контрольным точкам диапазона измерений

¹⁴ Функция «Обратный ход» включает механизм, при котором в режиме калибровки/градуировки помимо прямого прохода по контрольным точкам производится обратный ход. Эта функция необходима в случае, когда требуется учет гистерезиса

¹⁵ Параметр «Тип оценки порции» выбирается из предлагаемого списка: математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение (СКО), амплитуда, размах (двойная амплитуда) и т.д. Первое используется для измерений в контрольных точках с заданным постоянным уровнем измеряемого параметра, остальные – при переменном (гармонически изменяющемся) уровне измеряемого параметра

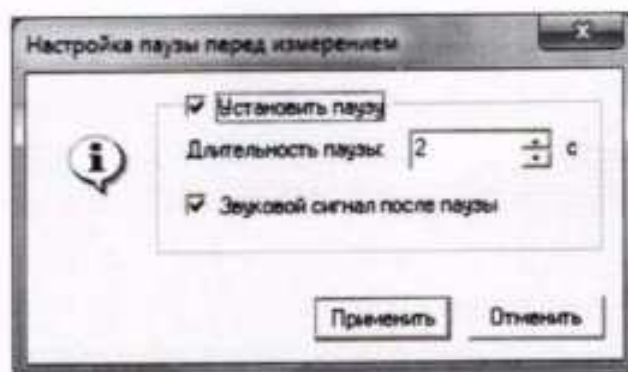


Рисунок 10 – Окно «Настройка паузы перед измерением»

8.4.10 Остальные поля и опции в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) для настройки ПО на поверку конкретного ИК АИИС изменять не требуется.

8.4.11 Перечисленные выше в пункте 8.4 настройки ПО следует повторять при подготовке к поверке всех ИК.

8.4.12 Процесс поверки запускается по нажатию кнопки «Проверка» в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9).

8.4.13 Описание последовательности действий при исполнении этого процесса и для формирования протокола поверки дано в Приложении Б к настоящей МП.

8.4.14 Необходимые настройки ПО для формирования протоколов поверки конкретных ИК либо электрических частей соответствующих ИК приведены в разделе 9 настоящей МП.

8.4.15 Все действия, описанные выше в п. 8.4, необходимо выполнить для всех ИК, подлежащих поверке.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение метрологических характеристик ИК

Поверка ИК проводится комплектным или поэлементным способом.

9.2 Определение погрешности ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения валов

9.2.1 Поверку ИК выполнить в 3 этапа поэлементным способом:

1 этап – контроль (оценка) состояния элементов ИК;

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

3-й этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

9.2.2 Для контроля (оценки) ПИП частоты вращения вала:

9.2.2.1 Используя сведения из столбцов «Идентификатор клеммной сборки в ШКД» и «Номера контактов клеммной сборки, к которым подключен кабель от ПИП» таблицы 9.2.1, в шкафу кроссовом двигателя (МРКД.2527.1862.100) на указанной клеммной сборке отсоединить линии кабеля ПИП от указанных контактов.

9.2.2.2 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку. ПИП не должен иметь видимых внешних повреждений.

9.2.2.3 Проверить состояние линий кабеля. Линии кабеля не должны иметь видимых внешних повреждений.

9.2.3 Поверку электрической части каждого ИК измерения частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора, выполнить следующим образом.

9.2.3.1 Установить в окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частоту опроса 10 Гц.

9.2.3.2 Установить в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) настроечные параметры согласно таблице 8.4 раздела 8, а также следующие параметры:

«Нижний предел:»	- 2,5
«Верхний предел:»	- 15000
«Ед. изм.:»	- Гц
«Количество контрольных точек:»	- 6
«Длина порции:»	- 10 отсчётов;
«Тип оценки порции:»	- математическое ожидание (МО).
«Контрольные точки:»	- значения из столбца «Номинальные значения частоты эталона в КТ, Гц» таблицы 9.2.2

Таблица 9.2.1 Сведения для подключения средства поверки

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Идентификатор клеммной сборки в ШКД	Номера контактов клеммной сборки, к которым подключать кабель от ПИП
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала газогенератора (Параметр: 5В N2 Analog)	ХТ111	61В, 61Н
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала газогенератора (Параметр: 7В N2 Analog)	ХТ112	39В, 39Н
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала вентилятора (Параметр: 5В N1 Analog)	ХТ111	58В, 58Н
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала вентилятора (Параметр: 7В N1 Analog)	ХТ112	4В, 4Н

Таблица 9.2.2 – Контрольные точки измерений частот электрических сигналов, соответствующих частотам вращения валов

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Имя канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»	Верхний предел ДИ, Гц	Номинальные значения частоты эталона в КТ, Гц
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала газогенератора (Параметр: 5B_N2_Analog)	5B_N2	15000	2,5 3000 6000 9000 12000 15000
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала газогенератора (Параметр: 7B_N2_Analog)	7B_N2		
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала вентилятора (Параметр: 5B_N1_Analog)	5B_N1		
Частота напряжения переменного тока, соответствующая частоте вращения вала вентилятора (Параметр: 7B_N1_Analog)	7B_N1		

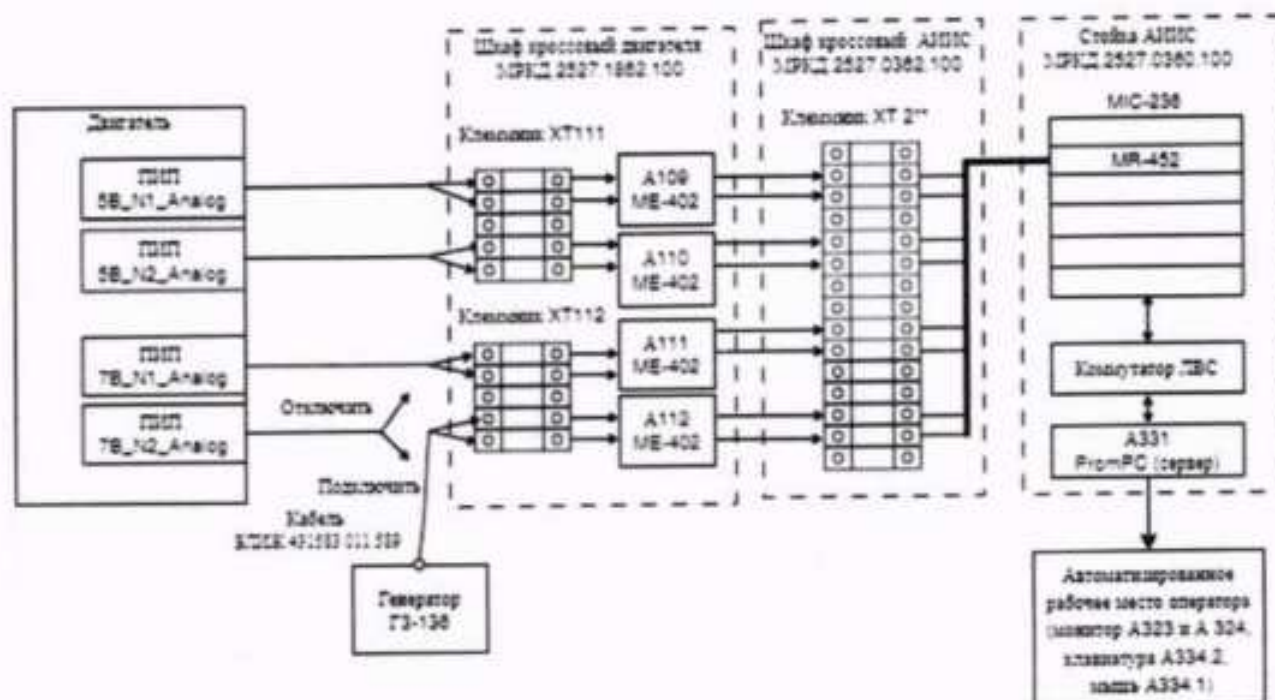


Рисунок 11 - Схема поверки ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения вала

9.2.3.4 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 11, для чего:
 9.2.3.4.1 Подключить в контакты клеммника, освободившиеся после выполнения п.п. 9.2.2.1 настоящего документа, наконечники кабеля БЛИЖ.431583.011.589.
 9.2.3.4.2 Соединитель кабеля БЛИЖ.431583.011.589 подключить к выходу генератора ГЗ-136.

9.2.3.5 Включить питание генератора ГЗ-136 и, используя его руководство по эксплуатации, настроить генератор на выдачу сигналов амплитудой 5 В.

9.2.3.6 Используя ПО «Recorder», поочередно для всех номинальных значений частоты в КТ, указанных в столбце «Номинальные значения частоты эталона в КТ, Гц» таблицы 9.2.2 для поверяемого ИК, провести измерения в соответствии с п.п.1 – 6 Приложения Б к настоящему документу. При этом:

9.2.3.6.1 С помощью органов управления генератора ГЗ-136 устанавливать соответствующее КТ номинальное значение частоты синусоидального сигнала на его выходе, указанное в столбце «Номинальные значения частоты эталона в КТ, Гц» таблицы 9.2.2;

9.2.3.6.2 Запускать процесс измерений в очередной КТ после завершения установки частоты сигналов в очередной КТ.

9.2.3.7 Используя указания п.п.7 – 12 Приложения Б к настоящему документу, выполнить обработку результатов измерений и формирование протокола поверки.

Для варианта автоматической обработки результатов измерений во вкладке «Настройка протокола» окна «Настройка параметров протокола» (рисунок Б6 Приложения Б к настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.2.3. Для поверяемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.2), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

Таблица 9.2.3 – Настройка протоколов поверки ИК частоты

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Относительная погрешность»	✓
«Приведенная погрешность»	Оставить пустым

9.2.4 Результаты поверки каждого ИК частоты считать положительными, если погрешность ИК не превышает значения, указанного для него в таблице А1 приложения А к настоящей МП.

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

9.2.6 После выполнения поверки восстановить подключения линий кабеля от ПИП к контактам клеммника в соответствии с таблицей 9.2.1.

9.3 Определение погрешности ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред

9.3.1 ИК «Давление топлива на входе в двигатель» (№ 1 в таблице 9.3.1) построен на основе канала измерения давления жидкости в диапазоне от 0 до 450 кПа модуля измерения давлений систем DAS-2-27/28 (см. таблицу А1 Приложения А к настоящей МП) и поверяется в соответствии с разделом 9.3 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»

9.3.2 ИК «Давление воздуха на стартер» (№2 в таблице 9.3.1) построен на основе канала измерения давления газов в диапазоне от 0 до 689 кПа модуля измерения давлений систем DAS-2-27/28 (см. таблицу А1 Приложения А к настоящей МП) и поверяется в соответствии с разделом 9.3 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»

9.3.2 ИК №№ 3 – 21 в таблице 9.3.1 построены на основе ПИП, передающих результаты измерений параметров в цифровой форме. Поверка ПИП, входящих в состав ИК давления, проводится автономно по документам, перечисленным в таблице 5.1 раздела 5 настоящей МП.

9.3.3 Поверку каждого ИК из группы №№ 3 – 21 в таблице 9.3.1 выполнить в 2 этапа комплексным способом:

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

2-й этап – проверка функционирования ИК.

9.3.3.1 Для контроля (оценки) состояния и МХ ПИП:

9.3.3.2 Отсоединить ПИП от линии интерфейса RS-485 (RS-232 для БРС-1М-2 и ПДЭ-020).

9.3.3.3 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку: ПИП не должен иметь видимых внешних повреждений. Пломбирование, маркировка типа и номера ПИП должны соответствовать паспорту на ПИП (этикетке).

9.3.3.4 Для ПИП проверить действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ по ОЕИ.

Примечания:

1 Расчёт требований к МХ ИК параметров PSW_1 , PSW_2 , PSW_3 и PSW_4 (№№ 6 – 9 в таблице 9.3.1) и сведения о ПИП, используемых в ИК этих параметров, приведены в п.1 Приложения И к настоящей МП.

2 Расчёт требований к МХ ИК параметров $PT17LHU$, $PT17LHD$, $PT17RHU$ и $PT17RHD$ (№№ 10 – 13 в таблице 9.3.1) и сведения о ПИП, используемых в ИК этих параметров, приведены в п.2 Приложения И к настоящей МП.

3 Расчёт требований к МХ ИК параметров $PT10_1$ и $PT10_2$ (№№ 14 и 15 в таблице 9.3.1) и сведения о ПИП, используемых в ИК этих параметров, приведены в п.3 Приложения И к настоящей МП.

4 Расчёт требований к МХ ИК параметров $PS10_1$ и $PS10_2$ (№№ 16 и 17 в таблице 9.3.1) и сведения о ПИП, используемых в ИК этих параметров, приведены в п.4 Приложения И к настоящей МП.

9.3.4 Так как ПИП выдает результаты измерений в цифровом виде и в АИИС отсутствуют элементы, вносящие дополнительную погрешность в результат измерений, то проверку функционирования ИК выполнить следующим образом.

9.3.4.1 После контроля (оценки) состояния и МХ подключить кабель соединения ПИП к линии интерфейса RS-485 (RS-232 для БРС-1М-2 и ПДЭ-020). Включить питание ПИП.

9.3.4.2 Провести проверку работоспособности ИК в соответствии с п. 8.3 раздела 8 настоящей МП.

9.3.4.3 Проверить функционирование ИК. В окне цифрового формуляра ПО «Recorder» (рисунок 4, раздел 8 настоящей МП) показания каналов с именами, указанными в столбце «Имя канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»» в строках №№ 1 – 20 таблицы 9.3.1, должны

быть близки к нулевым, а показания канала в окне цифрового формуляра ПО с именем в строке № 21 этой таблицы должны совпадать с показаниями на индикаторе БРС-1М-2.

9.3.5 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.3.3.4 и 9.3.4, соответствующий ИК бракуется до выявления и устранения причины несоответствия. После устранения причины несоответствия ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

Таблица 9.3.1 – Сведения о ПИП и именах ИК давления в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»

№ п/п	Физические параметры (обозначение)	Тип ПИП	Расположение ПИП в испытательном боксе и его идентификатор	Имя канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»
1	Давление топлива на входе в двигатель (Параметр: PFUELIN)	Keller PR-33XEi/4,5bar	Испытательный бокс, трубопровод (Line) 28016-10 – подача топлива в двигатель, позиция датчика на схеме PT-0101	PFUELIN
2	Давление воздуха на стартер (Параметр: PSTAIR)	Pressure Systems Inc p/n: 27-342-30100	Испытательный бокс	PSTAIR
3	Давление подачи масла (сброс масляного насоса) (Параметр: MOP)	МИДА-ДИ-15-0,5/1МПа-064(RS485)-M20-ПР4	СДД*, ВР18	MOP
4	Давление наддува масляной полости (Параметр: PSUMP)	МИДА-ДИ-15-0,5/0,1МПа-064(RS485)-M20-ПР4	СДД*, ВР11	PSUMP
5	Давление на выходе вентилятора (Параметр PS13)	МИДА-ДА-15-0,25/0,4МПа-064(RS485)-M20-ПР4	СДД*, ВР17	PS13
6	Статическое давление во входном патрубке точка 1 (Параметр PSW_1)	ПДЭ-020-ДИВ-320-В-ТУ 4212-122-13282997-2014	СДД*, ВР01	PSW_1
7	Статическое давление во входном патрубке точка 2 (Параметр PSW_2)		СДД*, ВР02	PSW_2
8	Статическое давление во входном патрубке точка 3 (Параметр PSW_3)		СДД*, ВР03	PSW_3
9	Статическое давление во входном патрубке точка 4 (Параметр PSW_4)		СДД*, ВР04	PSW_4
10	Полное давление сброса вентилятора (левая гребенка 1) (Параметр PT17LHU)	МИДА-ДИ-15-0,5/0,16МПа-064(RS485)-M20-ПР4	СДД*, ВР12	PT17LHU

№ п/п	Физические параметры (обозначение)	Тип ПИП	Расположение ПИП в испытательном боксе и его идентификатор	Имя канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»
11	Полное давление сброса вентилятора (левая гребенка 2) (Параметр PT17LHD)	МИДА-ДИ-15-0,5/0,16МПа-064(RS485)-M20-IP4	СДД*, ВР13	PT17LHD
12	Полное давление сброса вентилятора (правая гребенка 1) (Параметр PT17RHU)	МИДА-ДИ-15-0,5/0,16МПа-064(RS485)-M20-IP4	СДД*, ВР14	PT17RHU
13	Полное давление сброса вентилятора (правая гребенка 2) (Параметр PT17RHD)		СДД*, ВР15	PT17RHD
14	Давление, снимаемое гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точка 1 (Параметр PT10_1)	ПДЭ-020-ДИВ-310-В-ТУ 4212-122-13282997-2014	СДД*, ВР07	PT10_1
15	Давление, снимаемое гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точка 2 (Параметр PT10_2)		СДД*, ВР08	PT10_2
16	Давление, снимаемое гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точка 3 (Параметр PS10_1)	ПДЭ-020-ДИВ-320-В-ТУ 4212-122-13282997-2014	СДД*, ВР05	PS10_1
17	Давление, снимаемое гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точка 4 (Параметр PS10_2)		СДД*, ВР06	PS10_2
18	Давление воздуха на входе в газогенератор (Параметр PT25)	МИДА-ДИ-15-0,25/0,16МПа-064(RS485)-M20-IP5	СДД*, ВР16	PT25
19	Входное давление турбины низкого давления (Параметр PT495)	МИДА-ДА-15-0,15/1МПа-064(RS485)-M20-IP4	СДД*, ВР09	PT495

№ п/п	Физические параметры (обозначение)	Тип ПИП	Расположение ПИП в испытательном боксе и его идентификатор	Имя канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»
20	Давление газа за турбиной низкого давления (Параметр PT54(PT50))	МИДА-ДИ-15-0,15/0,16МПа-064(RS485)-M20-ПР4	СДД*, ВР10	PT54(PT50)
21	Атмосферное давление на уровне оси двигателя (Параметр РАМВ)	Барометр рабочий сетевой БРС-1М-2	Стойка АИИС	РАМВ

* СДД – статив датчиков давления МРКД.2527.0363.100

9.4 Определение погрешностей ИК температуры жидкостей и газов

9.4.1 ИК «Температура топлива у стендового расходомера» (№ 1 в таблице 9.4.1) построен на основе канала измерений температуры жидкостей в диапазоне от минус 60 до + 100 °С модуля измерений температуры систем DAS-2-27/28 (см. таблицу А1 Приложения А к настоящей МП) и поверяется в соответствии с разделом 9.4 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28»

9.4.2 ИК «Температура воздуха на стартер» (№ 2 в таблице 9.4.1) построен на основе канала измерения температуры воздуха в диапазоне от минус 20 до 170 °С модуля измерений температуры систем DAS-2-27/28 (см. таблицу А1 Приложения А к настоящей МП) и поверяется в соответствии с разделом 9.4 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28».

9.4.3 ИК «Температура воздуха на входе вентилятора точка 1», «Температура воздуха на входе вентилятора точка 2», «Температура воздуха на входе вентилятора точка 3», «Температура воздуха на входе вентилятора точка 4» и «Температура воздуха на входе вентилятора точка 5» (№№ 3 – 7 в таблице 9.4.1) построены на основе каналов измерений температуры атмосферного воздуха в диапазоне от 233 до 333 К систем DAS-2-27/28 (см. таблицу А1 Приложения А к настоящей МП) и поверяются в соответствии с разделом 9.4 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28».

9.4.4 Поверку ИК температуры внутри испытательного бокса выполнить в 3 этапа по элементным способом:

1-й этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПИП;
2-й этап – поверка электрической части ИК с целью определения диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

3-й этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

9.4.4.1 Для контроля (оценки) состояния и МХ ПИП:

9.4.4.1.1 Отключить линии кабеля сигнального W520 от контактов 5 и 6 клеммной сборки ХТ502 в стативе датчиков давления МРКД.2527.0363.100.

9.4.4.1.2 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку: ПИП ИПТВ-206/МЗ-03 не должен иметь видимых внешних повреждений. Пломбирование, маркировка типа и номера ПИП должны соответствовать паспорту на ПИП (этикетке).

9.4.4.1.3 Для ПИП проверить действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ по ОЕИ.

Таблица 9.4.1 – Сведения о ПИП и именах ИК температуры в конфигурации CFM56
ПО «Recorder»

№ п/п	Физические параметры (обозначение)	Тип ПИП	Расположение ПИП и его идентифика- тор	Имя канала в кон- фигурации CFM56 ПО «Recorder»
1	Температура топлива у стендового расходо- мера (Параметр: TIF)	Овен ДТС054-РТ100.А3.80/0,2	Технологическое помещение	TFUEL_Supply
2	Температура воздуха на стартер (Параметр TSTAIR)		Испытательный бокс	TSTAIR
3	Температура воздуха на входе вентилятора точка 1 (Параметр TT2_1)		Испытательный бокс	TT2_1
4	Температура воздуха на входе вентилятора точка 2 (Параметр TT2_2)		Испытательный бокс	TT2_2
5	Температура воздуха на входе вентилятора точка 3 (Параметр TT2_3)		Испытательный бокс	TT2_3
6	Температура воздуха на входе вентилятора точка 4 (Параметр TT2_4)		Испытательный бокс	TT2_4
7	Температура воздуха на входе вентилятора точка 5 (Параметр TT2_5)		Испытательный бокс	TT2_5
8	Температура внутри испытательного бокса (Параметр: OAT (TAMB))	ИПТВ-206/МЗ-03	Испытательный бокс, СДД ВР19	OAT (TAMB)
9	Температура топлива на входе в двигатель CFM56-7В, точка 1 (Параметр TIF_1)	ОВЕН ДТС105М- Рt100.0,25.60МГ.И	Испытательный бокс	TIF_1
10	Температура топлива на входе в двигатель CFM56-7В, точка 2 (Параметр TIF_2)			TIF_2
11	Температура подка- потного простран- ства, левый датчик (Параметр TUC_L)	ТД701С-Л1-ХА	Подкапотное про- странство	TUC_L
12	Температура подка- потного простран- ства, правый датчик (Параметр TUC_R)			TUC_R

9.4.4.2 Для поверки электрической части ИК температуры внутри испытательного бокса собрать схему поверки в соответствии с рисунком 12, для чего:

9.4.4.2.1 Соединитель кабеля КИ2012И1 из комплекта калибратора ИКСУ-2012 подключить к разъёму «Эмуляция» на калибраторе ИКСУ-2012. Красный проводник выхода кабеля подключить к контакту 5, а синий проводник – к контакту 6 клеммной сборки ХТ502 в стативе датчиков давления.

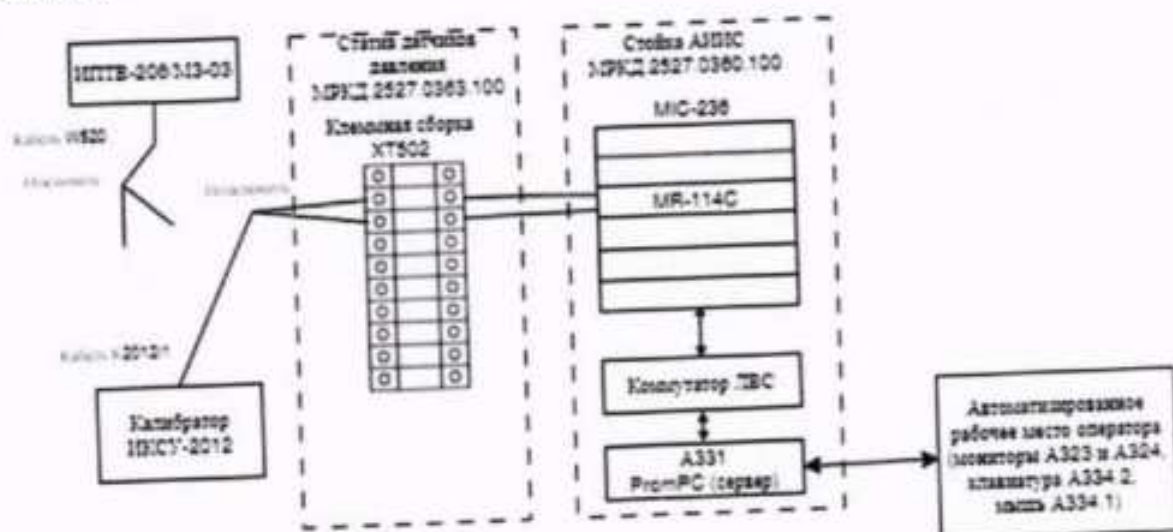


Рисунок 12 - Схема поверки электрической части ИК температуры внутри испытательного бокса

9.4.4.2.2 Включить питание калибратора ИКСУ-2012 и, используя его руководство по эксплуатации, настроить на воспроизведение (эмуляцию) тока в диапазоне от 0 до 25 мА.

9.4.4.3 Поверку ИК АИИС с наименованием ОАТ в конфигурации CFM56 ПО «Recorder» выполнить следующим образом:

9.4.4.3.1 Выполнить настройку ПО «Recorder» на поверку ИК АИИС с наименованием ОАТ в конфигурации CFM56 ПО «Recorder» согласно п. 8.4 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

А) Установить в окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частоту опроса 10 Гц.
Б) Установить в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) настроечные параметры согласно таблице 8.4 раздела 8, а также следующие параметры:

«Нижний предел:»	- 4
«Верхний предел:»	- 20
«Ед. изм.:»	- мА
«Количество контрольных точек:»	- 5
«Длина порции:»	- 10 отсчётов;
«Тип оценки порции:»	- математическое ожидание (МО).
«Контрольные точки:»	- значения из столбца «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.2

9.4.4.3.2 Используя ПО «Recorder», поочередно для всех номинальных значений тока в КТ, указанных в столбце «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.2 провести измерения в соответствии с п.п.1 – 6 Приложения Б к настоящему документу. При этом:

а) С помощью органов управления калибратора ИКСУ-2012 устанавливать соответствующее КТ номинальное значение тока на его выходе, указанное в столбце «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.2;

Примечание: допускается устанавливать другие КТ, но не менее 5 равномерно распределённых по диапазону, включая нижнее и верхнее значения. При этом величину силы постоянного тока в КТ определять по формуле (Е.13) Приложения Е к настоящей МП, где T – значение температуры в КТ.

Таблица 9.4.2 – Контрольные точки измерений силы тока, соответствующей температуре внутри испытательного бокса для диапазона значений температуры

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Значения измеряемой температуры T , К (°C)	Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА*
Температура внутри испытательного бокса (Параметр: OAT (TAMB))	233,0 (-40,0)	4,0
	270,5 (-2,50)	8,0
	308,0 (35,0)	12,0
	345,5 (72,5)	16,0
	383,0 (110)	20,0

б) Запускать процесс измерений в очередной КТ после завершения установки тока в очередной КТ.

9.4.4.3.3 Используя указания п.п.7 – 12 Приложения Б к настоящему документу, выполнить обработку результатов измерений и формирование протокола поверки.

Для варианта автоматической обработки результатов измерений во вкладке «Настройка протокола» окна «Настройка параметров протокола» (рисунок Б6 Приложения Б к настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.4.3. Для поверяемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.2), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

Таблица 9.4.3 – Настройка протоколов поверки электрической части ИК температуры внутри испытательного бокса

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Относительная погрешность»	✓
«Приведенная погрешность»	Оставить пустым

9.4.5 Результаты поверки ИК температуры внутри испытательного бокса считать положительными, если:

9.4.5.1 Результаты выполнения п.п.9.4.3.1 настоящего документа положительные.

9.4.5.2 Абсолютная погрешность канала измерения температуры ПИП ИПТВ-206-МЗ-03, указанная в действующем свидетельстве о поверке, находится в допускаемых пределах $\pm 0,2$ °C.

9.4.5.3 Максимальное значение относительной погрешности, найденное при выполнении п.п. 9.4.4.3.3, не превышает $\pm 0,414$ %.

Примечание: Расчёт погрешностей элементов ИК температуры внутри испытательного бокса приведен в п.2 Приложения Е к данной методике поверки

9.4.6 При невыполнении указанных в п.п.9.4.5 условий, испытания АИИС приостанавливаются.

9.4.7 После завершения поверки надлежит восстановить подключение ПИП ИПТВ-206-МЗ-03 с помощью кабеля, нарушенные при выполнении п.п. 9.4.4.1.1 настоящего документа.

9.4.8 Поверку каждого из ИК «Температура топлива на входе в двигатель CFM56-7B, точка 1 и 2 (TIF_1, TIF_2)» выполнить в 3 этапа поэлементным способом:

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

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

3-й этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

9.4.8.1 Для контроля (оценки) состояния и МХ ПИП:

9.4.8.1.1 Отключить линии кабеля сигнального, указанного в таблице 9.4.4 для поверяемого ИК.

Таблица 9.4.4 Сведения о местах подключения средства проверки

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Идентификатор кабеля от ПИП, отключаемого от клеммной сборки ХТ104 в ШКД	Номера контактов клеммной сборки, к которым подключен кабель от ПИП	Имя канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»
Температура топлива на входе в двигатель (Параметр: TIF_1)	W133-1	10B(+), 10C(-)	TIF_1
Температура топлива на входе в двигатель (Параметр: TIF_2)	W133-2	11B(+), 11C(-)	TIF_2

9.4.8.1.2 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку: ПИП ОВЕН ДТС105М-РТ100 не должен иметь видимых внешних повреждений, кабель от ПИ не должен иметь перегибов и видимых повреждений. Пломбирование, маркировка типа и номер ПИП должны соответствовать паспорту на ПИП (этикетке).

9.4.8.1.3 Для ПИП проверить действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ по ОЕИ.

9.4.8.2 Для проверки электрической части ИК собрать схему поверки в соответствии с рисунком 13, для чего:

9.4.8.2.1 Соединитель кабеля КИ2012П1 из комплекта калибратора ИКСУ-2012 подключить к разъёму «Эмуляция» на калибраторе ИКСУ-2012.

9.4.8.2.2 Проводники выхода кабеля подключить к контактам клеммной сборки, от которых был отсоединен кабель при выполнении п.п. 9.4.8.1.1 (красный - к контакту «+», синий проводник - к контакту «-»)

9.4.8.2.3 Включить питание калибратора ИКСУ-2012 и, используя его руководство по эксплуатации, настроить на воспроизведение (эмуляцию) тока в диапазоне от 0,1 до 20 мА.

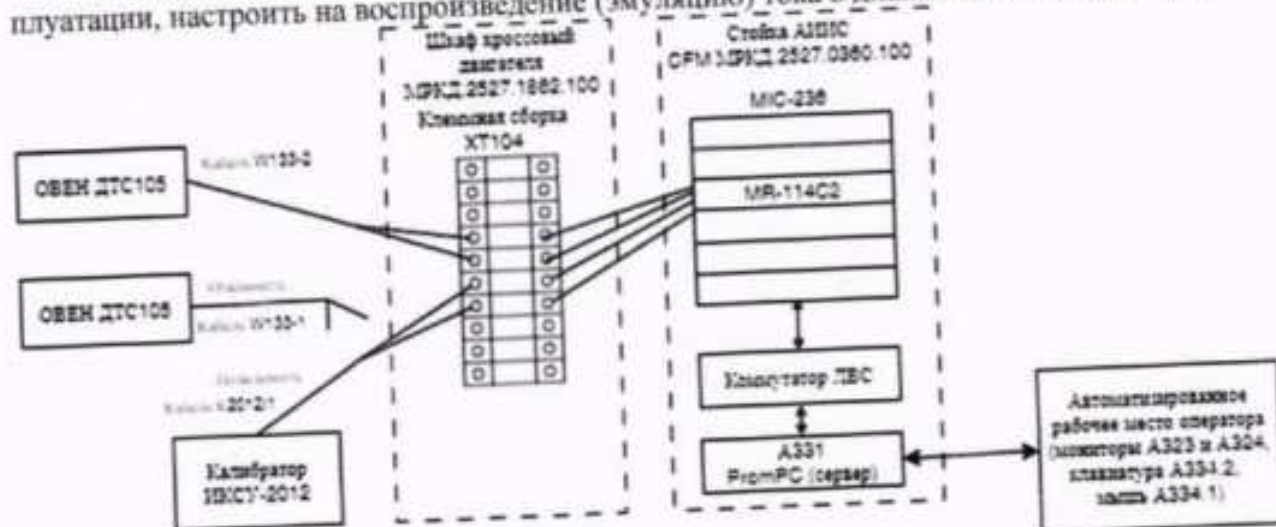


Рисунок 12 - Схема поверки электрической части ИК температуры топлива

9.4.8.3 Поверку ИК АИИС с именем в конфигурации CFM56 ПО «Recorder», указанным в столбце таблицы 9.4.4, выполнить последовательно за 2 этапа:

9.4.8.3.1 На первом этапе выполнить следующие действия для определения максимального значения приведенной погрешности измерений значений токов в диапазоне от НП до ВП:

9.4.8.3.1.1 Выполнить настройку ПО «Recorder» на поверку ИК АИИС с именем в конфигурации CFM56 ПО «Recorder», указанным в столбце таблицы 9.4.4, согласно п. 8.4 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

а) Установить в окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частоту опроса 10 Гц.

б) Установить в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) настроечные параметры согласно таблице 8.4 раздела 8, а также следующие параметры:

«Нижний предел:»	- - 23
«Верхний предел:»	- 40
«Ед. изм.:»	- °C
«Количество контрольных точек:»	- 5
«Длина порции:»	- - 10 отсчётов;
«Тип оценки порции:»	- - математическое ожидание (МО).
«Контрольные точки:»	- значения из столбца «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.5

Примечание: Количество контрольных точек выбрано в соответствии с рекомендациями МИ 2440-97 (с Изменением № 1).

9.4.8.3.1.2 Используя ПО «Recorder», поочередно для всех номинальных значений тока в КТ, указанных в столбце «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.2 провести измерения в соответствии с п.п.1 – 6 Приложения Б к настоящему документу. При этом:

а) С помощью органов управления калибратора ИКСУ-2012 устанавливать соответствующее КТ номинальное значение тока на его выходе, указанное в столбце «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.5;

Таблица 9.4.5 – Контрольные точки измерений силы тока, соответствующей температуре на входе в двигатель CFM56-7B для диапазона измеряемых значений температуры от -23 до 40 °C

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Значения измеряемой температуры, °C	Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА*
Температура топлива на входе в двигатель (Параметры: T1F_1, T1F_2)	- 23,00	6,88
	- 7,25	8,56
	8,50	10,24
	24,25	11,92
	40,00	13,60

Примечание: Допускается устанавливать другие КТ, но не менее 5 равномерно распределённых по диапазону, включая нижнее и верхнее значения. При этом величину силы постоянного тока в КТ определять для столбца «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.5 по формуле (Е.9) Приложения Е к настоящей МП.

б) Запускать процесс измерений в очередной КТ после завершения установки тока в очередной КТ.

9.4.8.3.1.3 Используя указания п.п.7 – 12 Приложения Б к настоящему документу, выполнить обработку результатов измерений и формирование протокола поверки.

Для варианта автоматической обработки результатов измерений во вкладке «Настройка протокола» окна «Настройка параметров протокола» (рисунок Б6 Приложения Б к настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.4.6. Для поверяемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.3), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

Таблица 9.4.6 – Настройка протоколов поверки электрической части ИК температуры топлива на входе в двигатель CFM56-7B

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Отдельная таблица по каждому каналу»	✓
«Относительная погрешность»	Оставить пустым
«Приведенная погрешность»	✓
Раздел «Диапазон»	
«По крайним точкам проверки»	●
Раздел «Допусковый контроль»	
«Допусковый контроль»	✓
«Погрешность:» (выбор из выпадающего списка)	приведенная
«Допустимое значение:» (поле для ввода текста)	$\pm 0,675$

9.4.8.4 Результаты поверки ИК температуры топлива на входе в двигатель CFM56-7B считать положительными, если:

9.4.8.4.1 Результаты выполнения п.п.9.4.8.1 настоящего документа положительные.

9.4.8.4.2 Класс точности ПИП ОВЕН ДТС105М-РТ100, указанный в действующем свидетельстве о поверке - 0,25 (соответствует классу допуска А по ГОСТ Р 8.625-2006).

9.4.8.4.3 Максимальное значение абсолютной погрешности измерения температуры электрической частью ИК, найденное при выполнении п.п.9.4.8.3.1.3 (значение параметра в столбце S в таблице сформированного протокола), не превышает $\pm 0,27^{\circ}\text{C}$.

Примечание: Расчёт погрешностей элементов ИК температуры топлива на входе в двигатель CFM56-7B приведен в п.1 Приложения Е к данной методике поверки.

9.4.8.5 При невыполнении указанных в п.п.9.4.8.4 условий, испытания АИИС приостанавливаются.

После завершения поверки надлежит восстановить подключение ПИП с помощью кабелей, нарушенные при выполнении п.п.9.4.8.1 настоящего документа.

9.4.9 Поверку каждого из ИК температуры подкапотного пространства, выполнить в 3 этапа поэлементным способом:

1-й этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПИП ТД701С-L1-XA;

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

3-й этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

9.4.9.1 ПИП ТД701С-L1-XA подключаются комплектными кабелями от производителя ПИП непосредственно к контактам коммутационного модуля ME-048 внутри комплекса измерения температур магистрально модульного MIC-140/48 (далее - MIC-140/48).

Для контроля (оценки) состояния и МХ ПИП:

9.4.9.1.1 С установленного на адаптере испытываемого двигателя блока комплекса измерения температур MIC-140/48 снять крышку, открутив болты её крепления шестигранным ключом 4 мм;

9.4.9.1.2 Шлицевой отвёрткой WAGO 210-719 отсоединить 2 кабельных наконечника комплектного с ПИП кабеля поверяемого ИК от контактов коммутационного модуля ME-048 внутри MIC-140/48, указанных в таблице 9.4.7.

9.4.9.1.3 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПИП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование должно соответствовать сборочному чертежу, маркировка типа и номер ПИП должны соответствовать паспорту.

9.4.9.1.4 Для ПИП проверить действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ по ОЕИ.

9.4.9.2 Для поверки электрической части ИК собрать схему поверки в соответствии с рисунком 13, для чего:

9.4.9.2.1 Разъем кабеля КИ2012К установить в выходной разъем калибратора «Элемер-ИКСУ-2012» с меткой «мА, мВ, В».

9.4.9.2.2 Красный провод кабеля КИ2012К установить в контакт +IN коммутационного модуля ME-048 внутри MIC-140/48, освободившийся после выполнения п.п. 9.4.9.1.1 настоящего документа (см. также таблицу 9.4.7), а черный провод кабеля КИ2012К установить в контакт -IN коммутационного модуля ME-048 внутри MIC-140/48, освободившийся после выполнения п.п. 9.4.9.1.1 настоящего документа (см. также таблицу 9.4.7).

9.4.9.2.3 Включить питание калибратора ИКСУ-2012 и, используя его руководство по эксплуатации, настроить на воспроизведение (эмуляцию) напряжения постоянного тока в диапазоне от -10 до 100 мВ.

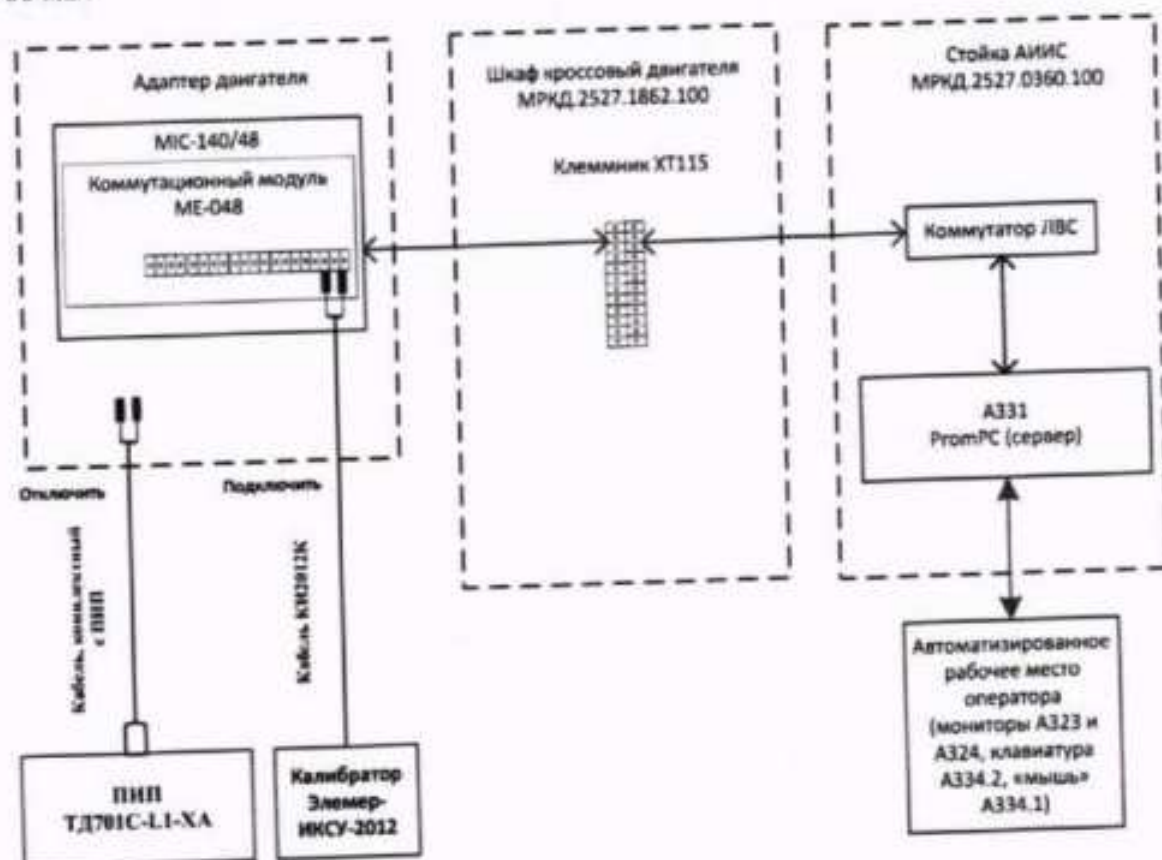


Рисунок 13 - Схема поверки ИК температуры подкапотного пространства

Таблица 9.4.7 Сведения о местах подключения средства поверки

Наименование ИК (измеряемого параметра)	№№ контактов коммутационного модуля внутри MIC-140/48	Наименование канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»
Температура воздуха в подкапотном пространстве CFM56-7B (левый датчик) (Параметр TUC_L)	+IN14, -IN14	TUC_L
Температура воздуха в подкапотном пространстве CFM56-7B (правый датчик) (Параметр TUC_R)	+IN15, -IN15	TUC_R

9.4.9.2.4 Поверку каждого ИК АИИС данной группы выполнить следующим образом:

9.4.9.2.4.1 Выполнить настройку ПО «Recorder» на поверку ИК АИИС с наименованием, указанным в столбце «Наименование канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder» таблицы 9.4.7:

А) В соответствии с указаниями, приведенными в Приложении Д к настоящему документу, настроить МС-140/48 на измерение температуры в градусах Цельсия, включив в нём для поверяемого ИК использование градуировочной характеристики К ГОСТ Р 8.585-2001.

Б) Согласно п. 8.4 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

Установить в окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частоту опроса 10 Гц.

Установить в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) настроечные параметры согласно таблице 8.4 раздела 8, а также следующие параметры:

«Нижний предел:»	- 0
«Верхний предел:»	- 500
«Ед. изм.:»	- °C
«Количество контрольных точек:»	- 5
«Длина порции:»	- - 10 отсчётов;
«Тип оценки порции:»	- - математическое ожидание (МО).
«Контрольные точки:»	- значения из столбца «Значения измеряемой температуры в КТ, °C» таблицы 9.4.8

Таблица 9.4.8 - Сведения для настройки ПО «Recorder» на поверку ИК температуры подкапотного пространства

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Значения измеряемой температуры в КТ, °C	Номинальные значения напряжения постоянного тока на выходе эталона в КТ, мВ
Температура воздуха в подкапотном пространстве CFM56-7B (левый датчик) (Параметр TUC_L)	0 125 250	0 5,124 10,151
Температура воздуха в подкапотном пространстве CFM56-7B (правый датчик) (Параметр TUC_R)	375 500	15,342 20,640

9.4.9.2.4.2 Используя ПО «Recorder», поочередно для всех значений измеряемой температуры в КТ, указанных в столбце «Значения измеряемой температуры в КТ, °C» таблицы 9.4.8 для поверяемого ИК, провести измерения в соответствии с п.п.1 – 6 Приложения Б к настоящему документу. При этом:

А) С помощью органов управления калибратора ИКСУ-2012 устанавливать соответствующее КТ номинальное значение напряжения постоянного тока на его выходе, указанное в столбце «Номинальные значения напряжения постоянного тока на выходе эталона в КТ, мВ» таблицы 9.4.8;

Б) Запускать процесс измерений в очередной КТ после завершения установки напряжения в очередной КТ.

9.4.9.2.4.3 Используя указания п.п.7 – 12 Приложения Б к настоящему документу, выполнить обработку результатов измерений и формирование протокола поверки.

Для варианта автоматической обработки результатов измерений во вкладке «Настройка протокола» окна «Настройка параметров протокола» (рисунок Б6 Приложения Б к настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.4.9. Для по-

веряемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.3), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

9.4.9.3 Результаты поверки ИК температуры подкапотного пространства считать положительными, если:

9.4.9.3.1 Результаты выполнения п.п. 9.4.9.1.4 настоящего документа положительные.

9.4.9.3.2 Приведенная к ВП погрешность электрической части ИК не превышает значения, указанного в приложении А настоящей МП.

Примечание: Расчёт погрешностей элементов ИК температуры подкапотного пространства приведен в п.3 Приложения Е к данной методике поверки.

Таблица 9.4.9 – Настройка протоколов поверки ИК температуры подкапотного пространства

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Отдельная таблица по каждому каналу»	✓
«Относительная погрешность»	Оставить пустым
«Приведенная погрешность»	✓
Раздел «Диапазон»	
«По крайним точкам проверки»	●
Раздел «Допусковый контроль»	
«Допусковый контроль»	✓
«Погрешность:» (выбор из выпадающего списка)	приведенная
«Допустимое значение:» (поле для ввода текста)	$\pm 0,75$

9.4.9.4 При невыполнении указанных в п.п.9.4.9.3 условий, испытания АИИС приостанавливаются.

9.4.9.5 После завершения поверки надлежит восстановить подключения всех ПИП к указанным в таблице 9.4.7 контактам коммутационного модуля внутри МІС-140/48 и установить крышку блока МІС-140/48, снятую при выполнении п.п. 9.4.9.1.1 настоящего документа.

9.5 Определение погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термoeлектрического типа ХА(К)

9.5.1 Поверку каждого из ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К) выполнить в 3 этапа поэлементным способом:

1 этап – проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку: ПИП не должен иметь видимых внешних повреждений. Пломбирование, маркировка типа и номера ПИП должны соответствовать паспорту на ПИП (этикетке);

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

3-й этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК;

9.5.2 ПИП 856A1182G03 Type K thermocouple, используемые в ИК №№ 1 и 2 таблицы 9.5.1, и ПИП 856A1462/856A1463 Type K thermocouple, используемая в ИК № 3 таблицы 9.5.1, подключаются комплектными кабелями от производителя ПИП непосредственно к контактам коммутационного модуля ME-048 внутри комплекса измерения температур магистрально модульного МІС-140/48 (далее - МІС-140/48).

Для контроля (оценки) состояния ПИП и подготовки к поверке электрической части ИК:

9.5.2.1 С установленного на адаптере испытываемого двигателя блока комплекса изме-

рения температур МІС-140/48 снять крышку, открутив болты её крепления шестигранным ключом 4 мм;

9.5.2.2 Шлицевой отверткой WAGO 210-719 отсоединить 2 кабельных наконечника комплектного с ПИП кабеля поверяемого ИК от контактов коммутационного модуля ME-048 внутри МІС-140/48, указанных в таблице 9.5.1.

9.5.2.3 Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПИП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование должно соответствовать сборочному чертежу, маркировка типа и номер ПИП должны соответствовать паспорту.

9.5.3 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 14, для чего:

9.5.3.1 Разъем кабеля КИ2012К установить в выходной разъем калибратора «Элемер-ИКСУ-2012» с меткой «мА, мВ, В».

9.5.3.2 Красный провод кабеля КИ2012К установить в контакт +IN коммутационного модуля ME-048 внутри МІС-140/48, освободившийся после выполнения п.п. 9.5.2.2 настоящего документа (см. также таблицу 9.5.1), а черный провод кабеля КИ2012К установить в контакт -IN коммутационного модуля ME-048 внутри МІС-140/48, освободившийся после выполнения п.п. 9.5.2.2 настоящего документа (см. также таблицу 9.5.1).

9.5.4 Включить питание калибратора ИКСУ-2012 и, используя его руководство по эксплуатации, настроить на воспроизведение (эмуляцию) напряжения постоянного тока в диапазоне от -10 до 100 мВ.

Таблица 9.5.1 – Сведения о каналах в конфигурации CFM56 ПО «Recorder» и о местах подключения калибратора «Элемер-ИКСУ-2012» (через кабель сигнальный КИ2012К) для поверки ИК температур в диапазоне преобразования ПИП

№ п/п	Наименование и обозначение параметра	№№ контактов коммутационного модуля внутри МІС-140/48	Наименование канала в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»
1	Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА(К), соответствующее температуре сброса масляного насоса от минус 20 до 150 °С (Параметр TPumpOil)	+IN12, -IN12	TPumpOil
2	Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА(К), соответствующее температуре отработанного масла от минус 20 до 150 °С (Параметр TScavOil)	+IN13, -IN13	TScavOil
3	Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА (К), соответствующее температуре газа за турбиной низкого давления от минус 20 до 1100 °С (Параметр T54(T50))	+IN11, -IN11	T54(T50)

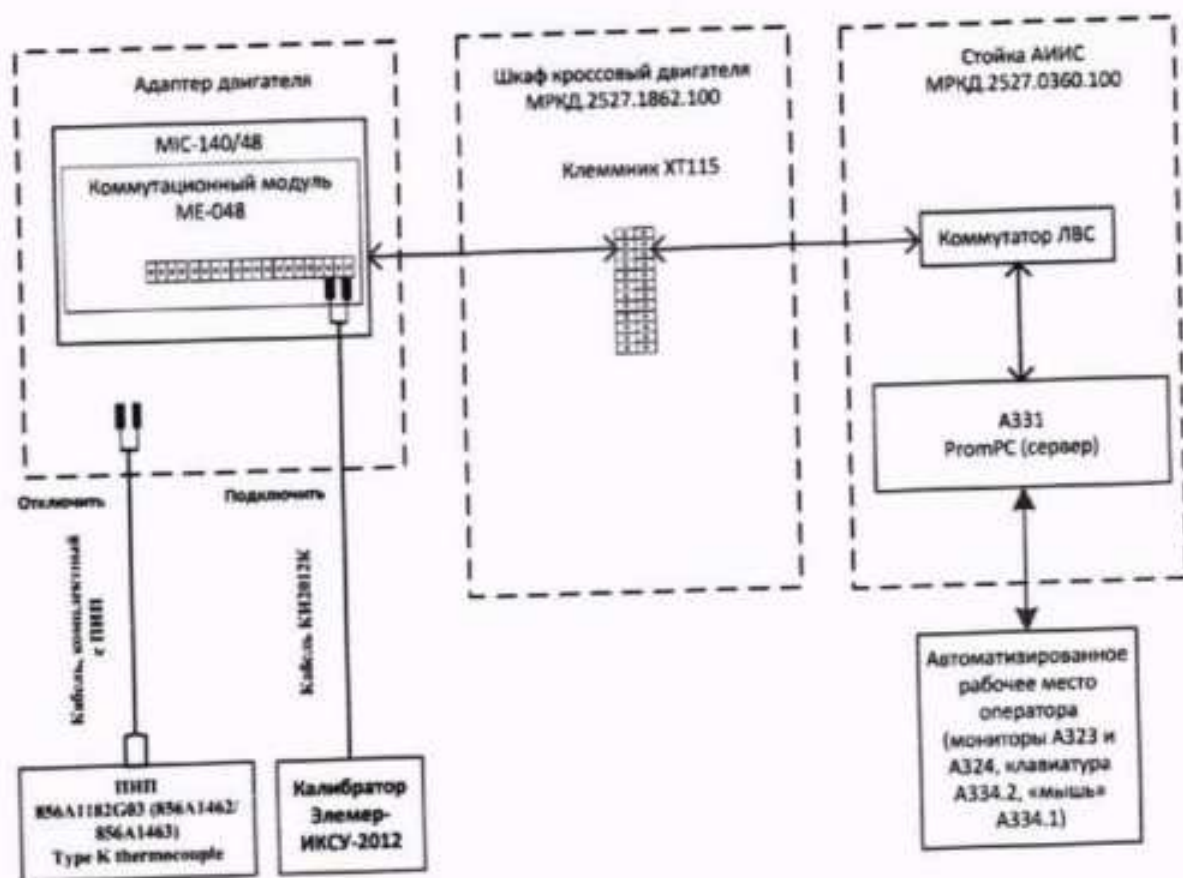


Рисунок 14 - Схема поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К)*

9.5.6 Поверку каждого ИК АИИС данной группы выполнить следующим образом:

9.5.6.1 Выполнить настройку ПО «Recorder» на поверку ИК АИИС с наименованием, указанным в столбце «Наименование канала в конфигурации ПО «Recorder» таблицы 9.5.2:

9.5.6.1.1 В соответствии с указаниями, приведенными в Приложении Д к настоящему документу, настроить МПС-140/48 на измерение напряжения постоянного тока, отключив в канале использование градуировочной характеристики.

9.5.6.1.2 Согласно п. 8.4 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

- Установить в окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частоту опроса 10 Гц.
- Установить в окне «Параметры проверки (канальная)...» (рисунок 9) настроечные параметры согласно таблице 8.4 раздела 8, а также следующие параметры:

«Нижний предел:»	- значение из столбца «Нижний предел диапазона измерений ИК, мВ» таблицы 9.5.2
«Верхний предел:»	- значение из столбца «Верхний предел диапазона измерений ИК, мВ» таблицы 9.5.2
«Ед. изм.:»	- мВ
«Количество контрольных точек:»	- 5
«Длина порции:»	- 10 отсчётов;
«Тип оценки порции:»	- математическое ожидание (МО).
«Контрольные точки:»	- значения из столбца «Номинальные значения напряжения постоянного тока на выходе эталона в КТ, мВ» таблицы 9.5.2

Таблица 9.5.2 – Сведения для настройки ПО «Recorder» на поверку ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К)

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Наименование канала в конфигурации ПО «Recorder»	Нижний предел диапазона измерений ИК, мВ	Верхний предел диапазона измерений ИК, мВ	Номинальные значения напряжения постоянного тока на выходе эталона в КТ, мВ
Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА(К), соответствующее температуре сброса масляного насоса от минус 20 до 150 °С (Параметр TPumpOil)	TPumpOil	- 0,777	6,137	-0,777 0,9515 2,680 4,4085 6,137
Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА(К), соответствующее температуре отработанного масла от минус 20 до 150 °С (Параметр TScavOil)	TScavOil	- 0,777	6,137	-0,777 0,9515 2,680 4,4085 6,137
Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА (К), соответствующее температуре газа за турбиной низкого давления от минус 20 до 1100 °С (Параметр T54(T50))	T54(T50)	- 0,777	45,119	-0,777 10,697 22,171 33,645 45,119

9.5.6.2 Используя ПО «Recorder», поочередно для всех номинальных значений напряжения постоянного тока в КТ, указанных в столбце «Номинальные значения напряжения постоянного тока на выходе эталона в КТ, мВ» таблицы 9.5.2 для поверяемого ИК, провести измерения в соответствии с п.п.1 – 6 Приложения Б к настоящему документу. При этом:

9.5.6.2.1 С помощью органов управления калибратора ИКСУ-2012 устанавливать соответствующее КТ номинальное значение тока на его выходе, указанное в столбце «Номинальные значения напряжения постоянного тока на выходе эталона в КТ, мВ» таблицы 9.5.2;

9.5.6.2.2 Запускать процесс измерений в очередной КТ после завершения установки тока в очередной КТ.

9.5.6.3 Используя указания п.п.7 – 12 Приложения Б к настоящему документу, выполнить обработку результатов измерений и формирование протокола поверки.

Для варианта автоматической обработки результатов измерений во вкладке «Настройка протокола» окна «Настройка параметров протокола» (рисунок Б6 Приложения Б к настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.5.3. Для по-

веряемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.3), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

Таблица 9.5.3 – Настройка протоколов поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К)

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Относительная погрешность»	Оставить пустым
«Приведенная погрешность»	✓

9.5.7 Результаты поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К), считать положительными, если:

9.5.7.1 Результаты выполнения п.п.9.5.2.3 настоящего документа положительные.

9.5.7.2 Погрешность ЭЧ ИК не превышает значения, указанного в приложении А настоящей МП.

9.5.8 При невыполнении указанных в п.п.9.5.7 условий, испытания АИИС приостанавливаются.

9.5.9 После завершения поверки надлежит:

9.5.9.1 Восстановить подключения всех ПИП к указанным в таблице 9.5.1 контактам коммутационного модуля внутри МІС-140/48 и установить крышку блока МІС-140/48, снятую при выполнении п.п.9.5.2.1 настоящего документа.

9.5.8.2 Выполнить описанные в п.п.2 Приложения Д к настоящему документу действия по подключению градуировочных характеристик ИК МІС-140/48 в ПО «Recorder».

9.6 Определение погрешности ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения

9.6.1 В эту группу входит четыре ИК амплитуды 1-й гармоники виброперемещений роторов низкого давления, соответствующих заряду на выходах датчиков виброускорения, установленных в двух точках на ГТД CFM56-5B и в двух точках на ГТД CFM56-7B. Каждый из этих ИК является расчётным: значения амплитуды 1-й гармоники виброперемещения рассчитываются программным модулем обработки результатов измерений «МОРИ», входящим в состав программы управления комплексом МІС «Recorder», по данным измерений двух величин:

- частоты электрического сигнала, соответствующей частоте вращения ротора;
- электрического заряда, соответствующего виброускорению в соответствующей точке

ГТД.

9.6.1.1 Частота электрического сигнала, соответствующая частоте вращения ротора, рассчитывается программным модулем «МОРИ» путём обработки оцифрованного модулем MR-202 сигнала, поступающего с выхода установленного на двигателе датчика оборотов, и проходящего через преобразователь ME-402 на вход модуля MR-202. Результаты расчётов в реальном времени используются программным модулем «МОРИ» для вычислений амплитуды 1-й гармоники виброперемещений.

9.6.1.2 Заряд, соответствующий виброускорению, формируется установленным на ГТД (и не входящим в состав АИИС) пьезоэлектрическим ПИП, выход которого подключен ко входу усилителя заряда ME-918. Последний выполняет преобразование заряда на выходе ПИП в электрический сигнал, который передаётся на модуль MR-202, где проходит аналого-цифровое преобразование.

9.6.1.3 ПО «МОРИ» - программный модуль обработки результатов измерения в составе ПО «Recorder». ПО «Recorder» входит в состав ПО «СИАМ-Сервер», установленного на сервере PromPC A331 АИИС.

ПО «МОРИ» формирует для представления программой «Recorder» (СИАМ) независимые расчётные каналы, которые указаны в столбце «Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»» таблицы 9.6.1. Данные выдаются по этим каналам в реальном времени. Формирование их не оказывают влияния на процессы измерений, выполняемых аппаратными и программными компонентами, указанными в п.п.9.6.1.1 и 9.6.1.2. Каждый расчётный канал использует исполняемые в режиме реального времени:

алгоритм «Тахо» для программного расчета частоты сигнала по пороговым (абсолютным или относительным) значениям напряжения от первого модуля MR-202;

алгоритм АФЧХ для расчёта амплитуды виброперемещений на частоте 1-ой роторной гармоники с использованием следящего фильтра по рассчитанным в алгоритме «тахо» значениям частоты вращения ротора и по результатам измерений напряжения, соответствующего виброускорению, от второго модуля MR-202.

Подробно методика расчёта с оценкой погрешности измерений представлена в п.п.1.1.5 документа МБДА.2527.0300.000РЭ. Необходимые настройки ПО «МОРИ» для формирования расчётного ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения, описаны в Приложении К к настоящей МП.

9.6.2 Поверку каждого из ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения, выполнить в 2 этапа комплексным способом:

1-й этап - проверка аппаратно-программной части ИК с целью определения диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

2-й этап – определение и оценка максимальной приведенной к ВП погрешности аппаратно-программной части ИК.

9.6.3 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 15, для чего:

9.6.3.1 Отключить от контактов клеммника, указанных в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброперемещений ячейке столбца «Место подключения средства поверки в ШКД» таблицы 9.6.1 линии кабеля от ПИП и подключить к контакту «хВ» клеммника кабельный наконечник «OUT», а к контакту «хН» клеммника – кабельный наконечник « $\perp$ » технологического кабеля БЛИЖ.431583.011.589 (здесь «х» в обозначениях контактов – цифры из таблицы).

9.6.3.2 Второй соединитель кабеля БЛИЖ.431583.011.589 (вилку BNC) установить в соединитель 1 на передней панели генератора ГЗ-136.

9.6.3.3 Отключить от соединителя на усилителе заряда ME-918, указанного в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброперемещений ячейке столбца «Место подключения кабеля технологического №2527-001 в ШКД», соединитель кабеля от ПИП и подключить вместо него соединитель кабеля технологического №2527-001.

9.6.3.4 Подключить кабель K2 из комплекта калибратора Н4-17 к выходам калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации этого калибратора.

9.6.3.5 Наконечник красного провода кабеля K2 установить в контактный разъём меры ёмкости P597/7.

9.6.3.6 Наконечник линии -IN кабеля технологического №2527-001 установить в гнездо соединителя на конце черной линии кабеля K2 от калибратора Н4-17, а наконечник линии +IN установить в контактный разъём меры ёмкости P597/7.

9.6.4 Проверить и при необходимости выполнить в ПО «Recorder» настройку канала – источника для расчётного канала «Тахо», указанного в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброперемещений ячейке столбца «Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в МОРИ» таблицы 9.6.1 согласно п.п. 8.4.1 – 8.4.5 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

а) Амплитудный диапазон измерений (канала модуля MR-202)

± 10 В.

б) В окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частота опроса

54 кГц.

9.6.5 Проверить и при необходимости выполнить в ПО «Recorder» настройку канала, указанного в соответствующей поверяемому ИК ячейке столбца «Наименование канала измере-

ния заряда» таблицы 9.6.1 согласно п.п. 8.4.1 – 8.4.5 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

- а) Амплитудный диапазон измерений (канала модуля MR-202) $\pm 3,0$ В.
 б) В окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частота опроса 54 кГц.

9.6.6 Для поверяемого ИК амплитуды виброперемещений с наименованием, указанным в соответствующей ячейке столбца «Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»», проверить и при необходимости выполнить в соответствии с Приложением К к настоящей МП настройки в ПО «МОРИ» расчётных параметров:

«Тахо» с наименованием, указанным в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброперемещений ячейке столбца «Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в МОРИ» таблицы 9.6.1;

АФЧХ с наименованием, указанным в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброперемещений ячейке столбца «Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»» таблицы 9.6.1.

9.6.7 Включить питание генератора ГЗ-136 и, используя его руководство по эксплуатации:

9.6.7.1 Настроить генератор на выдачу сигналов амплитудой 5 В.

9.6.7.2 Установить частоту выходного сигнала генератора равной 15 Гц.

9.6.8 Включить питание калибратора Н4-17 и, используя его руководство по эксплуатации:

9.6.8.1 Настроить калибратор на воспроизведение (эмуляцию) напряжения переменного тока в диапазоне от 0,05 до 210 мВ.

9.6.8.2 Установить частоту напряжения переменного тока на выходе калибратора равной 15 Гц.

Таблица 9.6.1 – Сведения о каналах в конфигурации ПО «Recorder» и о местах подключения генератора ГЗ-136 и калибратора Н4-17 и меры ёмкости Р597/7 для проверки ИК амплитуды виброперемещений

Наименование и обозначение расчётного параметра	Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»	ИК частот вращения роторов		ИК заряда, соответствующего виброускорению	
		Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в МОРИ	Место подключения средства проверки в ШКД	Наименование канала измерения заряда	Место подключения кабеля технического логического №2527-001 в ШКД
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (5В) (Параметр: 5В_VIBNo1B_N1)	5В_VIBNo1B_N1	5В_N1_Analog / 5В_N1_Tacho / 5В_N1_Tacho_f	ХТ111, контакты 58В – 58Н	5В_VIBNo1B	Усилитель заряда ME-918, соединитель X1

Наименование и обозначение расчётного параметра	Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»	ИК частот вращения роторов		ИК заряда, соответствующего ускорению	
		Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в масле	Место подключения средства проверки в ШКД	Наименование канала измерения заряда	Место подключения кабеля технологического №2527-001 в ШКД
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения FFCC (5B) (Параметр: 5B_VIBFFCC_N1)	5B_VIBFFCC_N1	5B_N1_Analog / 5B_N1_Tacho / 5B_N1_Tacho_f	XT111, контакты 58B – 58H	5B_VIBFFCC	Усилитель заряда ME-918, соединитель X2
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (7B) (Параметр: 7B_VIBNo1B_N1)	7B_VIBNo1B_N1	7B_N1_Analog / 7B_N1_Tacho / 7B_N1_Tacho_f	XT112, контакты 4B – 4H	7B_VIBNo1B	Усилитель заряда ME-918, соединитель X3
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения CCFFV (7B) (Параметр: 7B_VIBCCFFV_N1)	7B_VIBCCFFV_N1	7B_N1_Analog / 7B_N1_Tacho / 7B_N1_Tacho_f	XT112, контакты 4B – 4H	7B_VIBFFCCV	Усилитель заряда ME-918, соединитель X3

настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.6.3. Для поверяемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.3), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

Таблица 9.6.2 – Сведения для проведения поверки ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения

Двойная амплитуда 1-й гармоники виброперемещений S_2 , мм	Частота на выходе генератора ГЗ-136 (соответствующая 1-ой гармонике виброперемещений)											
	15		36		57		78		99		120	
	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В
0,052	1,67	0,00166	9,59	0,00959	24,05	0,0241	45,03	0,0450	72,54	0,0725	106,58	0,1066
0,104	3,33	0,00333	19,18	0,01918	48,09	0,0481	90,06	0,0901	145,08	0,1451	213,15	0,2132
0,156	5,00	0,00499	28,78	0,02878	72,14	0,0721	135,09	0,1351	217,62	0,2176	319,73	0,3197
0,208	6,66	0,00666	38,37	0,03837	96,18	0,0962	180,11	0,1801	290,15	0,2902	426,30	0,4263
0,260	8,33	0,00833	47,96	0,04796	120,23	0,1202	225,14	0,2251	362,69	0,3627	532,88	0,5329

Таблица 9.6.3 – Настройка протоколов поверки ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Отдельная таблица по каждому каналу»	✓
«Относительная погрешность»	Оставить пустым
«Приведенная погрешность»	✓
Раздел «Диапазон»	
«По крайним точкам проверки»	●
Раздел «Допусковый контроль»	
«Допусковый контроль»	✓
«Погрешность:» (выбор из выпадающего списка)	приведенная
«Допустимое значение:» (поле для ввода текста)	$\pm 5,0$

9.6.11 Выполнить п.п.9.6.7 – 9.6.10, установив частоту выходного сигнала генератора и частоту напряжения переменного тока на выходе калибратора равной 36 Гц.

9.6.12 Установить калибратор на воспроизведение (эмуляцию) напряжения переменного тока в диапазоне от 1 мВ до 2,1 В.

9.6.13 Выполнить п.п.9.6.7 – 9.6.10 в циклической последовательности для частот выходного сигнала генератора и напряжения переменного тока на выходе калибратора, равных 57, 78, 99 и 120 Гц, и указанных в таблице 9.6.2 для соответствующих КТ значений действующего напряжения переменного тока на выходе калибратора.

9.6.14 Результаты поверки ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения, считать положительными, если погрешность ИК во всех 30

протоколах, сформированных в результате выполнения п.п.9.6.7 – 9.6.13, для конкретного ИК не превышает значения, указанного в таблице А1 Приложения А к настоящей МП.

9.6.15 При невыполнении указанного в п.п.9.6.14 условия, испытания АИИС приостанавливаются.

9.6.16 После завершения поверки надлежит, используя сведения таблицы 9.6.1, восстановить подключения всех ПИП, нарушенные при выполнении п.п.9.6.3.

9.7 Определение погрешности ИК амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения

9.7.1 В эту группу входит четыре ИК амплитуды 1-й гармоники виброскоростей роторов высокого давления, соответствующих заряду на выходах датчиков виброускорения, установленных в двух точках на ГТД CFM56-5B и в двух точках на ГТД CFM56-7B. Каждый из этих ИК является расчётным: значения амплитуды 1-й гармоники виброскорости рассчитываются программным модулем обработки результатов измерений «МОРИ», входящим в состав программы управления комплексом МПС «Recorder», по данным измерений двух величин:

- частоты электрического сигнала, соответствующей частоте вращения ротора;
- электрического заряда, соответствующего виброускорению в соответствующей точке

ГТД.

9.7.1.1 Частота электрического сигнала, соответствующая частоте вращения ротора, рассчитывается программным модулем «МОРИ» путём обработки оцифрованного модулем MR-202 сигнала, поступающего с выхода установленного на двигателе датчика оборотов, и проходящего через преобразователь ME-402 на вход модуля MR-202. Результаты расчётов в реальном времени используются программным модулем «МОРИ» для вычислений амплитуды 1-й гармоники виброскорости.

9.7.1.2 Заряд, соответствующий виброускорению, формируется установленным на ГТД (и не входящим в состав АИИС) пьезоэлектрическим ПИП, выход которого подключен ко входу усилителя заряда ME-918. Последний выполняет преобразование заряда на выходе ПИП в электрический сигнал, который передаётся на модуль MR-202, где проходит аналого-цифровое преобразование.

9.7.1.3 ПО «МОРИ» - программный модуль обработки результатов измерения в составе ПО «Recorder». ПО «Recorder» входит в состав ПО «СИАМ-Сервер», установленного на сервере PromPC A331 АИИС.

ПО «МОРИ» формирует для представления программой «Recorder» (СИАМ) независимые расчётные каналы, которые указаны в столбце «Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»» таблицы 9.7.1. Данные выдаются по этим каналам в реальном времени. Формирование их не оказывают влияния на процессы измерений, выполняемых аппаратными и программными компонентами, указанными в п.п.9.7.1.1 и 9.7.1.2. Каждый расчётный канал использует исполняемые в режиме реального времени:

алгоритм «Тахо» для программного расчёта частоты сигнала по пороговым (абсолютным или относительным) значениям напряжения от первого модуля MR-202;

алгоритм АФЧХ для расчёта амплитуды виброскорости на частоте 1-ой роторной гармоники с использованием следающего фильтра по рассчитанным в алгоритме «тахо» значениям частоты вращения ротора и по результатам измерений напряжения, соответствующего виброускорению, от второго модуля MR-202.

Подробно методика расчёта с оценкой погрешности измерений представлена в п.п.1.1.5 документа МБДА.2527.0300.000РЭ. Необходимые настройки ПО «МОРИ» для формирования расчётного ИК амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения, описаны в Приложении К к настоящей МП.

9.7.2 Поверку каждого из ИК амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения, выполнить в 2 этапа комплектным способом:

1-й этап - поверка аппаратно-программной части ИК с целью определения диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

2-й этап – определение и оценка максимальной приведенной к ВП погрешности аппаратно-программной части ИК.

9.7.3 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 15, для чего:

9.7.3.1 Отключить от контактов клеммника, указанных в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброскоростей ячейке столбца «Место подключения средства поверки в ШКД» таблицы 9.7.1 линии кабеля от ПИП и подключить к контакту «xВ» клеммника кабельный наконечник «OUT», а к контакту «xН» клеммника – кабельный наконечник «L» технологического кабеля БЛИЖ.431583.011.589 (здесь «x» в обозначениях контактов – цифры из таблицы 9.7.1).

9.7.3.2 Второй соединитель кабеля БЛИЖ.431583.011.589 (вилку BNC) установить в соединитель 1 на передней панели генератора ГЗ-136.

9.7.3.3 Отключить от соединителя на усилителе заряда ME-918, указанного в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброскоростей ячейке столбца «Место подключения кабеля технологического №2527-001 в ШКД», соединитель кабеля от ПИП и подключить вместо него соединитель кабеля технологического №2527-001.

9.7.3.4 Подключить кабель К2 из комплекта калибратора Н4-17 к выходам калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации этого калибратора.

9.7.3.5 Наконечник красного провода кабеля К2 установить в контактный разъем меры ёмкости Р597/7.

9.7.3.6 Наконечник линии –IN кабеля технологического №2527-001 установить в гнездо соединителя на конце черной линии кабеля К2 от калибратора Н4-17, а наконечник линии +IN установить в контактный разъем меры ёмкости Р597/7.

9.7.4 Проверить и при необходимости выполнить в ПО «Recorder» настройку канала – источника для расчётного канала «Тахо», указанного в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброскоростей ячейке столбца «Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в МОРИ» таблицы 9.7.1 согласно п.п. 8.4.1 – 8.4.5 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

- | | |
|--|-------------|
| а) Амплитудный диапазон измерений (канала модуля MR-202) | ± 10 В. |
| б) В окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частота опроса | 54 кГц. |

9.7.5 Проверить и при необходимости выполнить в ПО «Recorder» настройку канала, указанного в соответствующей поверяемому ИК ячейке столбца «Наименование канала измерения заряда» таблицы 9.7.1 согласно п.п. 8.4.1 – 8.4.5 настоящей МП с учетом сведений, приведенных ниже:

- | | |
|--|--------------|
| а) Амплитудный диапазон измерений (канала модуля MR-202) | $\pm 3,0$ В. |
| б) В окне «Настройка канала...» (рисунок 7) частота опроса | 54 кГц. |

9.7.6 Для поверяемого ИК амплитуды виброперемещений с наименованием, указанным в соответствующей ячейке столбца «Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»» проверить и при необходимости выполнить в соответствии с Приложением К к настоящей МП настройки в ПО «МОРИ» расчётных параметров:

«Тахо» с наименованием, указанным в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброскоростей ячейке столбца «Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в МОРИ» таблицы 9.7.1;

АФЧХ с наименованием, указанным в соответствующей поверяемому ИК амплитуды виброперемещений ячейке столбца «Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»» таблицы 9.7.1.

9.7.7 Включить питание генератора ГЗ-136 и, используя его руководство по эксплуатации:

9.7.7.1 Настроить генератор на выдачу сигналов амплитудой 5 В.

9.7.7.2 Установить частоту выходного сигнала генератора равной 30 Гц.

9.7.8 Включить питание калибратора Н4-17 и, используя его руководство по эксплуатации:

9.7.8.1 Настроить калибратор на воспроизведение (эмуляцию) напряжения переменного тока в диапазоне от 0,05 до 210 мВ.

9.7.8.2 Установить частоту напряжения переменного тока на выходе калибратора равной 30 Гц.

Таблица 9.7.1 – Сведения о каналах в конфигурации ПО «Recorder» и о местах подключения генератора ГЗ-136 и калибратора Н4-17 и меры ёмкости Р597/7 для поверки ИК амплитуды виброскоростей

Наименование и обозначение расчётного параметра	Наименование расчётного ИК в конфигурации CFM56 ПО «Recorder»	ИК частот вращения роторов		ИК заряда, соответствующего виброускорению	
		Наименование сигнала ПИП / Канала – источника для расчётного канала / Расчётного канала «Тахо» в МОДИ	Место подключения средства поверки в ШКД	Наименование канала измерения заряда	Место подключения кабеля технического логического №2527-001 в ШКД
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (5B) (Параметр: 5B_VIBNo1B_N2)	5B_VIBNo1B_N2	5B_N2_Analog / 5B_N2_Tacho / 5B_N2_Tacho_f	XT111, контакты 58B – 58H	5B_VIBNo1B	Усилитель заряда ME-918, соединитель X1
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения FFCC (5B) (Параметр: 5B_VIBFFCC_N2)	5B_VIBFFCC_N2	5B_N2_Analog / 5B_N2_Tacho / 5B_N2_Tacho_f	XT111, контакты 58B – 58H	5B_VIBFFCC	Усилитель заряда ME-918, соединитель X2
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (7B) (Параметр: 7B_VIBNo1B_N2)	7B_VIBNo1B_N2	7B_N2_Analog / 7B_N2_Tacho / 7B_N2_Tacho_f	XT112, контакты 4B – 4H	7B_VIBNo1B	Усилитель заряда ME-918, соединитель X3
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения CCFFV (7B) (Параметр: 7B_VIBCCFFV_N2)	7B_VIBCCFFV_N2	7B_N2_Analog / 7B_N2_Tacho / 7B_N2_Tacho_f	XT112, контакты 4B – 4H	7B_VIBFFCCV	Усилитель заряда ME-918, соединитель X3

9.7.9 Используя ПО «Recorder», поочередно для всех значений амплитуды 1-й гармоники виброскоростей в КТ, указанных в столбце «Амплитуда 1-й гармоники виброскоростей V, мм/сек» таблицы 9.7.2, провести измерения для поверяемого ИК в соответствии с п.п.1 – 6 Приложения Б к настоящему документу. При этом:

9.7.9.1 С помощью органов управления калибратора Н4-17 устанавливать соответствующее КТ номинальное действующее значение напряжение переменного тока на его выходе, указанное в столбце «СКЗ напряжения на выходе калибратора, В» в части таблицы 9.7.2, соответствующей установленной частоте на выходе генератора;

9.7.9.2 Запускать процесс измерений в очередной КТ после завершения установки действующего значения напряжения переменного тока на выходе калибратора в очередной КТ.

Примечания:

3) При использовании для формирования электрического заряда эталона электрического заряда вместо эталонной ёмкости и калибратора, в КТ устанавливать величину заряда, указанную в столбце «СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл» в части таблицы 9.7.2, соответствующей установленной частоте на выходе генератора.

4) Значения СКЗ электрического заряда и СКЗ напряжения переменного тока, указанные в таблице 9.7.2 для контрольных точек частоты 1-й гармоники и величины амплитуды виброскоростей ротора, рассчитаны по соотношениям, приведенным в п.2 Приложения Л к настоящей МП.

9.7.10 Для варианта автоматической обработки результатов измерений во вкладке «Настройка протокола» окна «Настройка параметров протокола» (рисунок Б6 Приложения Б к настоящему документу) установить параметры согласно таблице Б.1 Приложения Б и таблице 9.7.3. Для поверяемого ИК ПО «Recorder» будет выполнена обработка результатов измерений по формулам (10.1) и (10.3), приведенным в разделе 10 настоящего документа.

Таблица 9.7.2 – Сведения для проведения поверки ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения

Амплитуда 1-й гармоники виброскоростей V, мм/сек	Частота на выходе генератора ГЗ-136 (соответствующая 1-ой гармонике виброскоростей)											
	30		88		146		204		262		320	
	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В	СКЗ заряда на выходе ПИП, пКл	СКЗ напряжения на выходе калибратора, В
10,2	13,86	0,01386	40,67	0,04067	67,47	0,06747	94,27	0,0943	121,07	0,1211	147,87	0,1479
20,4	27,73	0,02773	81,33	0,08133	134,94	0,13494	188,54	0,1885	242,15	0,2422	295,75	0,2958
30,6	41,59	0,04159	122,00	0,1220	202,40	0,20240	282,81	0,2828	363,22	0,3632	443,62	0,4436
40,8	55,45	0,05545	162,66	0,16266	269,87	0,26987	377,08	0,3771	484,29	0,4843	591,50	0,5915
51,0	69,32	0,06932	203,33	0,20333	337,34	0,33734	471,35	0,4714	605,36	0,6054	739,37	0,7394

Таблица 9.7.3 – Настройка протоколов поверки ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Отдельная таблица по каждому каналу»	✓
«Относительная погрешность»	Оставить пустым
«Приведенная погрешность»	✓
Раздел «Диапазон»	
«По крайним точкам проверки»	●
Раздел «Допусковый контроль»	
«Допусковый контроль»	✓
«Погрешность» (выбор из выпадающего списка)	приведенная
«Допустимое значение» (поле для ввода текста)	$\pm 5,0$

9.7.11 Выполнить п.п.9.7.7 – 9.7.10, установив частоту выходного сигнала генератора и частоту напряжения переменного тока на выходе калибратора равной 88 Гц.

9.7.12 Установить калибратор на воспроизведение (эмуляцию) напряжения переменного тока в диапазоне от 1 мВ до 2,1 В.

9.7.13 Выполнить п.п.9.7.7 – 9.7.10 в циклической последовательности для частот выходного сигнала генератора и напряжения переменного тока на выходе калибратора, равных 146, 202, 262 и 320 Гц, и указанных в таблице 9.7.2 для соответствующих КТ значений действующего напряжения переменного тока на выходе калибратора.

9.7.14 Результаты поверки ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения, считать положительными, если погрешность ИК во всех 30 протоколах, сформированных в результате выполнения п.п.9.7.7 – 9.7.13, для конкретного ИК не превышает значения, указанного в таблице А1 Приложения А к настоящей МП.

9.7.15 При невыполнении указанного в п.п.9.7.14 условия, испытания АИИС приостанавливаются.

9.7.16 После завершения поверки надлежит, используя сведения таблицы 9.7.1, восстановить подключения всех ПИП, нарушенные при выполнении п.п.9.7.3.

9.8 Определение погрешности ИК относительной влажности атмосферного воздуха

ИК относительной влажности атмосферного воздуха реализован модулем измерения относительной влажности систем DAS-2-27/28 и поверяется в соответствии с разделом 9.7 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28».

9.9 Определение погрешности ИК массового расхода топлива

9.9.1 ИК массового расхода топлива (основной) WF1 в диапазоне от 2500 до 7500 кг/ч реализован модулем измерения массового расхода топлива систем DAS-2-27/28 и поверяется в соответствии с разделом 9.2 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28».

9.9.2 ИК массового расхода топлива (дополнительный) WF2 в диапазоне от 100 до 3500 кг/ч реализован модулем измерения массового расхода топлива систем DAS-2-27/28 и поверяется в соответствии с разделом 9.2 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МП DAS-2-27/28».

9.10 Определение погрешности ИК силы от тяги двигателя

ИК силы от тяги двигателя реализован модулем измерения силы от тяги двигателя систем DAS-2-27/28 и поверяется в соответствии с разделом 9.1 документа «ГСИ. Системы автоматизированного сбора и обработки информации DAS-2-27/28. Методика поверки МИ DAS-2-27/28».

10 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение абсолютной погрешности

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

$$\Delta A_j = A_j - A_z, \quad (10.1)$$

где A_z - значение физической величины, установленное рабочим эталоном.

10.2 Определение относительной погрешности

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

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

10.3 Расчет значений приведенной (к ВП) погрешности

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

$$\gamma_{jh} = \frac{\Delta A_j}{|P_j|} \cdot 100 \% \quad (10.3)$$

где P_j - значение верхнего предела

10.4 Расчет значений суммарной с ПИП погрешности

Значения относительной или приведенной погрешности суммарной для электрической части ИК и ПИП определяется по формуле:

$$\Sigma_{\delta(\gamma)} = |\delta(\gamma)_{эч}| + |\delta(\gamma)_{ппп}| \quad (10.4)$$

где: $\delta(\gamma)_{эч}$ - погрешность электрической части ИК;

$\delta(\gamma)_{ппп}$ - погрешность первичного преобразователя ИК.

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. Рекомендуемые формы протоколов поверки приведены в Приложении В при расчетном способе поверки; Приложении Г при поверке канала тока питания тензометра; Приложении Д при поверке электрической части ИК величины отклонения сопротивления одиночного тензометра; Приложении Е при автоматическом способе поверки.

11.3 По заявлению владельца АИИС или лица, представившего её на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки наносит на верхний левый угол дверцы стойки приборной знак поверки и (или) 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 АИИС от несанкционированного вмешательства, которое может повлечь изменение метрологических характеристик, обеспечиваются ограничением доступа к месту установки системы и запирающим ключом замка на двери стойки.

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

Заместитель начальника отдела

Начальник сектора



Б.И. Минесв

Р.Г. Павлов

М.В. Корнеев

Приложение А (обязательное)

Таблица А1 – Метрологические характеристики ИК¹⁶ АИИС дооснащенного стенда № 27/28 ПАО «ОДК - Сатурн»

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности			Кол-во каналов
		Электрической части (ЭЧ) ИК	Первичного преобразователя	Суммарная для ИК	
ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения роторов					
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения вала газогенератора (Параметр: 5B_N2 Analog)	от 2,5 до 15000 Гц	± 0,015 % от ИЗ	-	± 0,015 % от ИЗ	4
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения вала газогенератора (Параметр: 7B_N2 Analog)					
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения вала вентилятора (Параметр: 5B_N1 Analog)					
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения вала вентилятора (Параметр: 7B_N1 Analog)					
ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред					
Давление топлива на входе в двигатель (Параметр: PFUELIN)	от 0 до 450 кПа	ИК измерения давления жидкости модуля измерения давлений систем DAS-2-27/28: диапазон измерений от 0 до 450 кПа, γ: ± 0,6 % от ВП (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		± 0,60 % от ВП	1
Давление воздуха на стартер (Параметр: PSTAIR)	от 0 до 689 кПа	ИК измерения давления газов модуля измерения давлений систем DAS-2-27/28: диапазон измерений от 0 до 689 кПа, γ: ± 0,7 % от ВП (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		± 0,70 % от ВП	1

¹⁶ ИК – измерительные каналы

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности			Кол-во каналов
		Электрической цепи (ЭЧ) ИК	Первичного преобразователя	Суммарная для ИК	
Давление подачи масла (сброс масляного насоса) (Параметр: MOP)	от 0 до 700 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,5 \%$ от ДП = 1000 кПа (поверяется автономно)	$\pm 1,0 \%$ от ВП	1
Давление наддува масляной полости (Параметр: PSUMP)	от 0 до 70 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,5 \%$ от ДП = 100 кПа (поверяется автономно)	$\pm 1,0 \%$ от ВП	1
Давление на выходе вентилятора (Параметр PS13)	от 14 до 345 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,25 \%$ от ДИ = 400 кПа (поверяется автономно)	$\pm 0,50 \%$ от ВП	1
Статическое давление во входном патрубке (точки 1 – 4) (Параметры PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4)	от -35 до +35 кПа	- (RS-232)	$\pm 0,044 \%$ от ВП (поверяется автономно)	$\pm 0,60 \%$ от ВП	4
Полное давление сброса вентилятора (левая гребенка 1, левая гребенка 2, правая гребенка 1, правая гребенка 2) (Параметры PT17LHU, PT17LHD, PT17RHU, PT17RHD)	от 0 до 160 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,50 \%$ от ДИ (поверяется автономно)	$\pm 1,0 \%$ от ДИ	4
Давление, снимаемое гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точки 1 и 2 (Параметры PT10_1, PT10_2)	от -7 до +7 кПа	- (RS-232)	$\pm 0,035 \%$ от ВП (поверяется автономно)	$\pm 2,0 \%$ от ВП	2
Давление, снимаемое гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точки 3 и 4 (Параметры PS10_1, PS10_2)	от -35 до +35 кПа	- (RS-232)	$\pm 0,044 \%$ от ВП (поверяется автономно)	$\pm 0,40 \%$ от ВП	2
Давление воздуха на входе в газогенератор (Параметр PT25)	от 0 до 140 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,25 \%$ от ДИ = 160 кПа (поверяется автономно)	$\pm 0,50 \%$ от ВП	1
Входное давление турбины низкого давления (Параметр PT495)	от 0 до 700 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,15 \%$ от ДИ = 1000 кПа (поверяется автономно)	$\pm 0,25 \%$ от ВП	1

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности			Кол-во каналов
		Электрической части (ЭЧ) ИК	Первичного преобразователя	Суммарная для ИК	
Давление газа за турбиной низкого давления (Параметр PT54(PT50))	от 0 до 160 кПа	- (RS-485)	$\pm 0,15 \%$ от ДИ = 160 кПа (поверяется автономно)	$\pm 0,7$ кПа	1
Атмосферное давление на уровне оси двигателя (Параметр PAMB)	от 90 до 103 кПа	- (RS-232)	$\pm 51,5$ Па (поверяется автономно)	± 20 Па	1
ИК температуры жидкостей и газов					
Температура топлива у стендового расходомера (Параметр: TIF)	от -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$	ИК измерения температуры жидкости в модуле массового расхода топлива систем DAS-2-27/28: диапазон измерений от -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$, $\gamma: \pm 1 \%$ от ВП (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		$\pm 1,0 \%$ от ВП	1
Температура топлива на входе в двигатель CFM56-7B, точка 1 и 2 (TIF_1, TIF_2)*	от -23°C до $+40^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,27^{\circ}\text{C}$ ($\gamma_{\text{ЭЧ}} \leq \pm 0,675 \%$ от ВП ДИ)	$\pm 0,23^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,25 \%$ от ДИ = 100°C)	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	2
Температура воздуха на стартер (Параметр: TSTAIR)	от 253 до 343 К (от -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$)	ИК измерения температуры воздуха модуля измерения температур систем DAS-2-27/28: диапазон измерений от -20°C до $+170^{\circ}\text{C}$, $\gamma: \pm 0,5 \%$ от ВП (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$	1
Температура воздуха на входе вентилятора (точки 1, ..., 5) (Параметры: TT2_1, TT2_2, TT2_3, TT2_4, TT2_5)	от 233 до 323 К (от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$)	ИК температуры атмосферного воздуха модуля измерения температур систем DAS-2-27/28: диапазон измерений от 233 до 333 К, $\delta: \pm 0,3 \%$ от ИЗ (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		$\pm 0,50 \%$ от ИЗ	5
Температура внутри испытательного бокса (Параметр: OAT (TAMB))**	от 233 до 383 К (от -40°C до $+110^{\circ}\text{C}$)	$\pm 0,414 \%$ от ИЗ ($\Delta_{\text{ЭЧ}_\text{ток} \leq \pm 0,103 \text{ мА}}$)	$\pm 0,086 \%$ от ИЗ ($\Delta \leq \pm 0,2 \text{ К}$)	$\pm 0,50 \%$ от ИЗ	1
Температура воздуха в подкапотном пространстве CFM56-7B (левый и правый датчики) (Параметры: TUC_L, TUC_R)***	от 273,15 до 773,15 К (от 0°C до 500°C)	$\pm 0,15 \%$ от ВП	$\pm 0,75 \%$ от ВП	$\pm 0,90 \%$ от ВП	2

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности			Кол-во каналов
		Электрической части (ЭЧ) ИК	Первичного преобразователя	Суммар- ная для ИК	
ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К)					
Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА(К), соответствующее температуре сброса масляного насоса от минус 20 до 150 С° (Параметр: <i>TPumpOil</i>)	от -0,777 до +6,137 мВ	± 0,5 % от ВП	-	± 0,50 % от ВП	1
Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА(К), соответствующее температуре отработанного масла от минус 20 до 150 С° (Параметр <i>TScavOil</i>)	от -0,777 до +6,137 мВ	± 0,5 % от ВП	-	± 0,50 % от ВП	1
Напряжение постоянного тока на выходе термоэлектрического преобразователя типа ТХА (К), соответствующее температуре газа за турбиной низкого давления от минус 20 до 1100С° (Параметр: <i>T54(T50)</i>)	от -0,777 до +6,137 мВ	± 0,25 % от ВП	-	± 0,25 % от ВП	1
ИК амплитуды виброперемещений, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения					
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (5В) (Параметр: <i>5B VIBNo1B N1</i>)	от 0 до 0,26 мм (двойная амплитуда)	± 0,013 мм	-	± 0,013 мм	1
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения FFCC (5В) (Параметр: <i>5B VIBFFCC N1</i>)					1

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности			Кол-во каналов
		Электрической части (ЭЧ) ИК	Первичного преобразователя	Суммарная для ИК	
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (7B) (Параметр: 7B VIBNo1B N1)	от 0 до 0,26 мм (двойная амплитуда)	$\pm 0,013$ мм	-	$\pm 0,013$ мм	1
Амплитуда 1-ой гармоники виброперемещений ротора низкого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения CCFFV (7B) (Параметр: 7B VIBCCFFV N1)	от 0 до 0,26 мм (двойная амплитуда)	$\pm 0,013$ мм	-	$\pm 0,013$ мм	1
ИК амплитуды виброскоростей, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения					
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (5B) (Параметр: 5B VIBNo1B N2)	от 0 до 51 мм/с	$\pm 2,5$ мм/с	-	$\pm 2,5$ мм/с	1
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения FFCC (5B) (Параметр: 5B VIBFFCC N2)					1
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения у подшипника No1 (7B) (Параметр: 7B VIBNo1B N2)					1

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности			Кол-во каналов
		Электрической части (ЭЧ) ИК	Первичного преобразователя	Суммарная для ИК	
Амплитуда 1-ой гармоники виброскоростей ротора высокого давления, соответствующих заряду на выходе датчика виброускорения CCFFV (7B) (Параметр: 7B_VIBCCFFV_N2)	от 0 до 51 мм/с	± 2.5 мм/с	-	± 2.5 мм/с	1
ИК относительной влажности атмосферного воздуха					
Относительная влажность воздуха (Параметр R_HUM)	от 0 % до 100 %	ИК модуля измерения относительной влажности воздуха в составе систем DAS-2-27/28 (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		± 2,0 % от ВП	1
ИК массового расхода топлива					
Массовый расход топлива стендовый (основной) (Параметр WF1)	от 2400 до 7200 кг/ч	ИК массового расхода топлива в диапазоне от 2400 до 25000 кг/ч модуля измерения массового расхода топлива систем DAS-2-27/28 (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		± 0,3 % от ИЗ	1
Массовый расход топлива стендовый (дополнительный) (Параметр WF2)	от 100 до 3000 кг/ч	ИК массового расхода топлива в диапазоне от 111 до 3000 кг/ч модуля измерения массового расхода топлива систем DAS-2-27/28 (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		± 0,3 % от ИЗ	1
ИК силы от тяги двигателя					
Сила от тяги (Параметр FNO)	от 0 до 44100 Н включ. (от 0 до 4500 кгс включ.)	ИК модуля измерения силы от тяги двигателя системы DAS-2-27/28 (поверяется в составе систем DAS-2-27/28)		± 0,5 % от ВП ДИ	1
	св. 44100 до 196000 Н включ. (св. 4500 до 20000 кгс включ.)			± 0,5 % от ИЗ	

Примечания к таблице А1:

- * Расчёты погрешностей приведены в п.1 Приложения Е
- ** Расчёты погрешностей приведены в п.2 Приложения Е
- *** Расчёты погрешностей приведены в п.3 Приложения Е

Приложение Б (обязательное)

Выполнения поверки ИК и формирование протокола поверки ИК в ПО "Recorder"

1. После выполнения настроек ПО "Recorder" на поверку выбранного ИК АИС «ПА-РУС-МС», описанных в разделе 7.2 настоящего документа, нажатием кнопки «Проверка» в окне «Параметры проверки (канальная)» (рисунок 10) открывается диалоговое окно «Настройка завершена», вид которого представлен на Рисунок Б1.

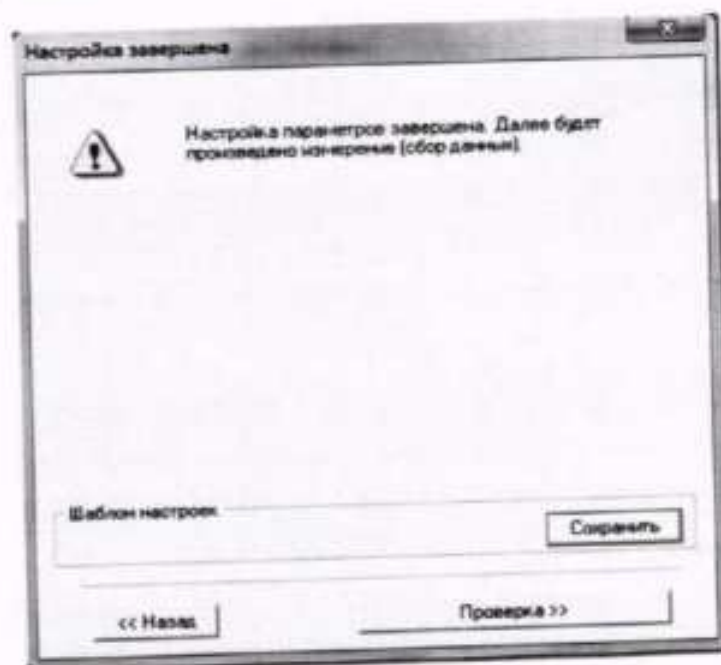


Рисунок Б1 – Вид диалогового окна «Настройка завершена»

2. По нажатию в окне рисунок Б1 кнопки «Проверка» открывается диалоговое окно «Измерение», вид которого представлен на рисунке Б2.

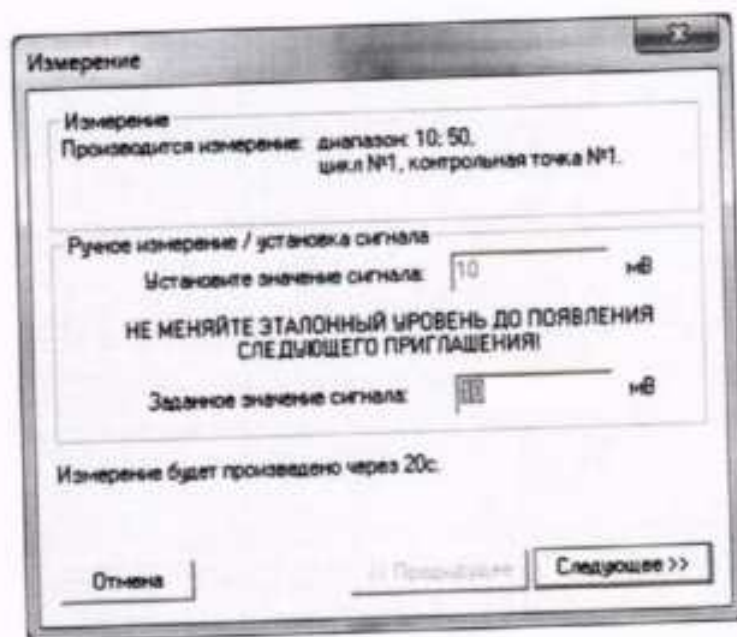


Рисунок Б2 – Вид диалогового окна «Измерение»

3. В окне рисунок Б2 в поле «Заданное значение сигнала» выводится значение сигнала на входе электрической части ИК, формируемое соответствующим средством поверки. Путем управления средством поверки и используя средства индикации средства поверки, необходимо установить значение параметра на входе ИК (или электрической части ИК), соответствующее значению поля «Установите значение сигнала» в окне рисунок Б2. В поле «Установите значение сигнала» ПО «Recorder» перед каждым измерением в очередной контрольной точке последовательно программно задаются значения из поля «Контрольные точки» окна «Параметры поверки (канальная)».

4. Измерение заданного сигнала для одной контрольной точки выполняется при нажатии кнопки «Следующее» в окне рисунок Б2. При этом до начала собственно измерений в контрольной точке происходит отработка заданной паузы. Пример представлен на рисунке Б3. При необходимости можно остановить таймер отсчета времени до начала измерений нажатием кнопки «Остановить таймер» в окне рисунок Б3. При этом окно рисунок Б3 возвращается к виду, представленному на рисунке Б2.

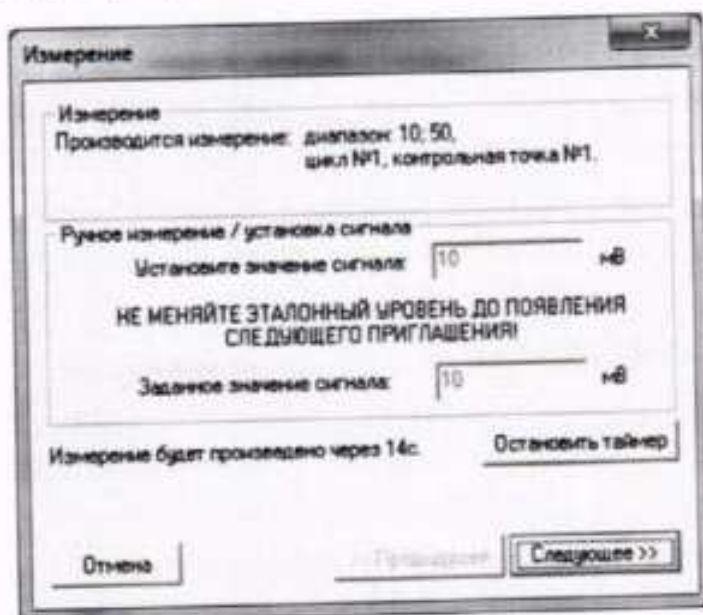


Рисунок Б3 – Начало измерений в контрольной точке.

5. После проведения измерений для последней контрольной точки открывается диалоговое окно «Измерение завершено», представленное на рисунке Б4.

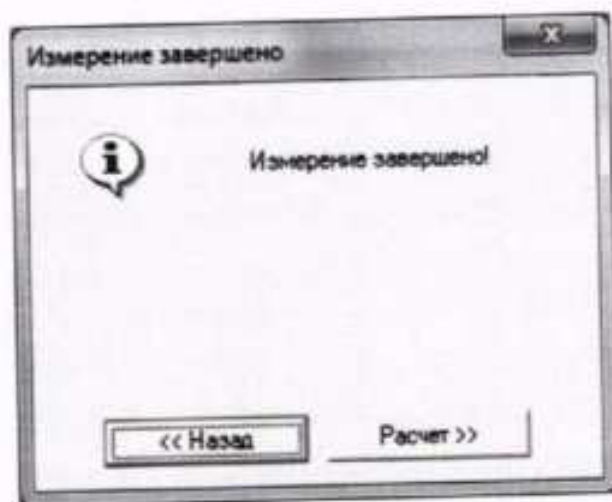


Рисунок Б4 – Диалоговое окно «Измерение завершено»

6. По нажатию в окне рисунок Б4 кнопки «Расчет» открывается диалоговое окно «Обработка и просмотр измеренных данных», пример которого для задания поверки одного ИК представлен на рисунке Б5. При задании поверки группы ИК в таблице на рисунке Б5 будут представлены строками результаты измерений по всем каналам группы.

Обработка и просмотр измеренных данных

Диапазоны:
10:50

Измеренные данные:

№	Канал	Точка №1	Точка №2	Точка №3
	Эталон	10.000	20.000	30.000
0	MR-114-(1-5-1)	60	60	60

Погрешности:

№	Канал	Максимальная	Приведенная, %
1	MR-114-(1-5-1)	50	125

Сохранить данные

Отмена Сформировать отчет Завершить >>

Рисунок Б5 – Пример окна «Обработка и просмотр измеренных данных»

7. Результаты измерений, представленные в окне рисунок Б5, могут быть использованы для ручного расчета оценок погрешностей измерений и ручного формирования протокола поверки по форме, представленной в Приложении В.

8. ПО «Recorder» предоставляет возможность автоматической обработки результатов измерений с формированием протокола, содержание которого может быть задано перед формированием. Для этого необходимо нажать в окне рисунок Б5 кнопку «Сформировать отчет». При этом будет открыто окно «Настройка параметров протокола», пример которого приведен на рисунке Б6.

9. Содержание протокола, включая и рассчитываемые необходимые виды оценок погрешностей измерений, задаётся путём установки соответствующих параметров во вкладке «Настройка протокола» (рисунок Б6). Заполнить поля в указанной вкладке в соответствии с таблицей Б.1.

Настройка параметров протокола

Настройка протокола Дополнительно

Шапка отчета

☐ Дата, время ☐ Информация о модуле

☐ Информация о диапазоне ☐ Информация о канале

☐ Наименование эталона ☐ Список контрольных точек

Наименование эталона:

Шапка страницы

☐ Дата, время Подвал страницы

☐ протоколов поверки СИС (ОСТ 1 02517-84) ☐ Номер страницы

☐ ФИО оператора:

Панов И.И.

Параметры формирования таблицы

☐ Приведенная погрешность

☐ Оценка нелинейности каналов Диапазон

☐ Таблицы ГХ/КХ Диапазон измерения

☐ Отдельная таблица по каждому каналу По крайним точкам проверки

☒ Автоматический формат чисел 0 — 0

Количество знаков: 5

Количество знаков измеренного значения калибровки: 0

☒ Относительная погрешность ☐ Оценка измерительной величины

☐ ОСТ 1 01021-93 п. 5.3 НЗ = 0 Утечки по каналу эталона

☐ Отдельная таблица для каждого цикла и отдельная колонка для прямого и обратного ходов

☐ Допусковый контроль

Погрешность: приведенная Допустимое значение: 0 %

Шаблон настроек отчета

Загрузить Сохранить

OK Отмена Применить

Рисунок Б6 – Окно «Настройка параметров протокола». Вкладка «Настройка протокола»

Таблица Б.1 – Настройка протоколов поверки ИК

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
Раздел «Шапка отчета»	
«Дата, время»	✓
«Информация о диапазоне»	✓
«Наименование эталона»	✓
«Наименование эталона» (поле для ввода текста)	Указать средство поверки согласно таблице 5.1 раздела 5 настоящей МП
«Информация о модуле»	✓
«Информация о канале»	✓
«Список контрольных точек»	✓
Раздел «Шапка страницы»	
«Дата, время»	✓
Раздел «Подвал страницы»	
«Номер страницы»	✓
«ФИО оператора»	✓
«ФИО оператора» (поле для ввода текста)	Указать ФИО сотрудника, проводившего поверку
Раздел «Параметры формирования таблиц»	
«Оценка нелинейности каналов»	Оставить пустым
«Таблицы ГХ/КХ»	Оставить пустым

Наименование поля в окне «Настройка параметров протокола»	Значение в поле
«Отдельная таблица по каждому каналу»	✓
«Автоматический формат чисел»	✓
«Относительная погрешность»	Установить согласно таблице «Настройка протоколов поверки ИК» из соответствующего канала пункта раздела 9
«ОСТ 1 01021-93 п. 5.3 ИЗ = »	Оставить пустым
«Скачки измерительной величины»	Оставить пустым
«Приведенная погрешность»	Установить согласно таблице «Настройка протоколов поверки ИК» из соответствующего канала пункта раздела 9
<i>Раздел «Диапазон»</i>	
Установить параметры согласно таблице «Настройка протоколов поверки ИК» из соответствующего канала пункта раздела 9 настоящей МП	
<i>Раздел «Допусковый контроль»</i>	
«Допусковый контроль»	✓
«Погрешность:» (выбор из выпадающего списка)	Заполнить согласно Приложению А настоящей МП
«Допустимое значение:» (поле для ввода текста)	Заполнить согласно Приложению А настоящей МП

10. В протокол могут быть внесены дополнительные сведения о параметрах окружающей среды, зафиксированных вербальными методами. Для этого необходимо открыть и заполнить вкладку «Дополнительно» окна «Настройка параметров протокола», пример которой приведен на рисунке Б7.

11. По нажатию кнопки «ОК» в окне рисунок Б6 вызывается стандартная для ОС Windows процедура сохранения файла протокола (требуется указать папку и имя протокола). После сохранения открывается окно программы MS Office Word для просмотра протокола, в котором возможно форматирование и редактирование результатов поверки ИК. Форма протокола приведена в Приложении Г.

12. Для завершения поверки ИК необходимо нажать кнопку «ОК» в диалоговом окне «Настройка канала» (рисунок 8 в разделе 7 настоящего документа).

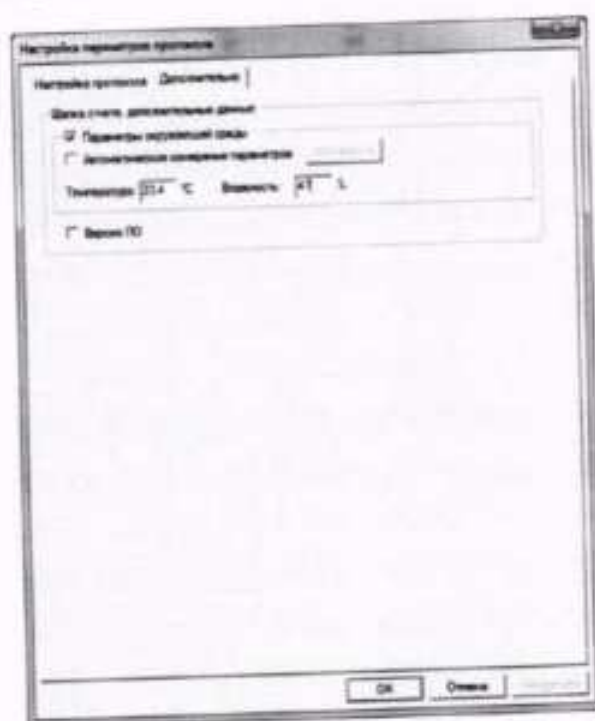


Рисунок Б7 – Окно «Настройка параметров протокола». Вкладка «Дополнительно»

Приложение В (рекомендуемое)

Форма протокола поверки при расчетном способе поверки

ПРОТОКОЛ

Результаты замеров поверяемых каналов АИИС

Дата: _____, время _____

Диапазон поверки: _____

Обозначение канала: _____

Количество циклов: _____

Обратный ход: _____

Наименование эталона: _____ зав. № _____

Температура окружающей среды: _____ °С, влажность: _____ %

Таблица А1 – (наименование измеряемого параметра)

Наименование параметра	Значение параметра					
Номинальные значения параметра						
Измеренные значения параметра						

Максимальное значение, (абсолютной, относительной, приведенной) погрешности канала: _____

Максимально допустимое значение погрешности канала: _____

Вывод: _____

Испытание провел(а) Ф.И.О. _____

Приложение Г (рекомендуемое)
Форма протокола поверки при автоматическом способе поверки

Протокол

поверки измерительного (ых) канала (ов) Системы

Дата: _____, время _____:

Диапазон поверки: _____

Количество циклов: _____

Количество порций: _____

Размер порции: _____

Обратный ход: _____

Наименование эталона _____

Температура окружающей среды: _____, влажность: _____ измерено: _____

Версия ПО "Recorder": _____

ПО "Калибровка" версия: _____

Список контрольных точек.

Точка №	1	2	3	4	5
Значение					
Точка №	6	7	8		n
Значение					

Каналы:

	Канал	Описание	Част. дискр., Гц
	Канал №1		
	Канал №2		

Сводная таблица.

	Эталон,	Измерено модулем

Dm - оценка погрешности (максимум), Dr - относительная погрешность.

Канал №1

	Эталон	Измерено	Dm	Dr %

Погрешность (максимальная) на всем диапазоне: _____

Приведенная погрешность: _____ %

Во время проверки использовалась следующая калибровочная (аппаратная) функция:

Таблица линейной интерполяции.

(x)				

Интерполяция за границами: есть.

Канал №2

Эталон	Измерено	Dm	Dr %

Погрешность (максимальная) на всем диапазоне:
Приведенная погрешность: %.

Во время проверки использовалась следующая калибровочная (аппаратная) функция:

Таблица линейной интерполяции.

(x)				

Интерполяция за границами: есть.

Сводная таблица погрешностей

De - приведенная погрешность, Dr - относительная погрешность.

Канал	De, %	Dr, %
Максимум		

Допусковый контроль

Допустимое значение приведенной погрешности: %.

Канал	SN	Результат

Поверку провел (а) _____

Приложение Д (обязательное)

Действия для отключения и подключения градуировочной характеристики в канале измерений сигнала МІС-140 в ПО «Recorder»

1. Отключение градуировочной характеристики
Выполняется для представления результатов измерений сигнала термопары в мВ.

1.1 Двойным нажатием ЛКМ на выделенном ИК МІС-140 открыть диалоговое окно «Настройка канала...» (пример его дан на рисунке Д1);



Рисунок Д1 – Окно «Настройка канала...»

1.2 Нажатием ЛКМ кнопки «Настройка аппаратной части» в окне рис. Д1 открыть окно «Настройка аппаратной части» (рисунок Д2).

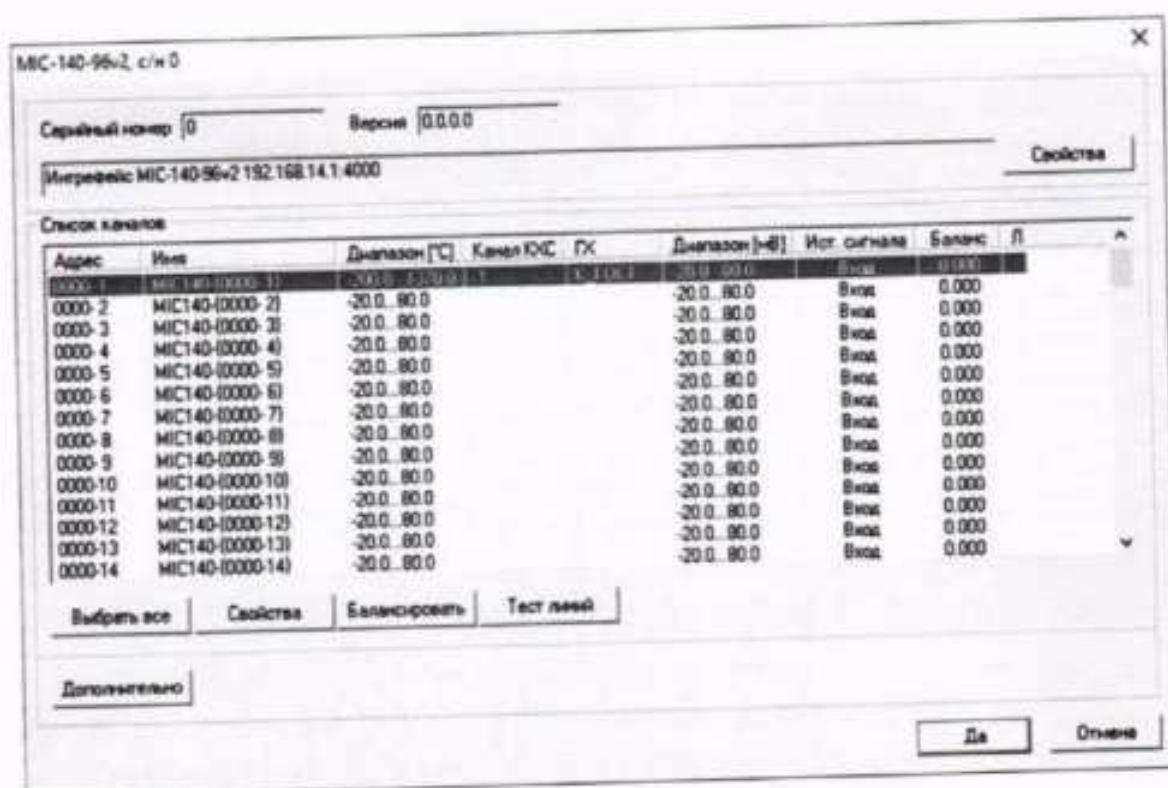


Рисунок Д2 – Окно «Настройка аппаратной части» для MIC-140 с включенной градуировочной характеристикой для канала 1

1.3 Нажатием ПКМ на строке нужного канала в окне рис. Д2, вызвать выпадающий список, в котором нажатием ЛКМ выбрать строку «Свойства». В результате открывается окно рисунок Д3.

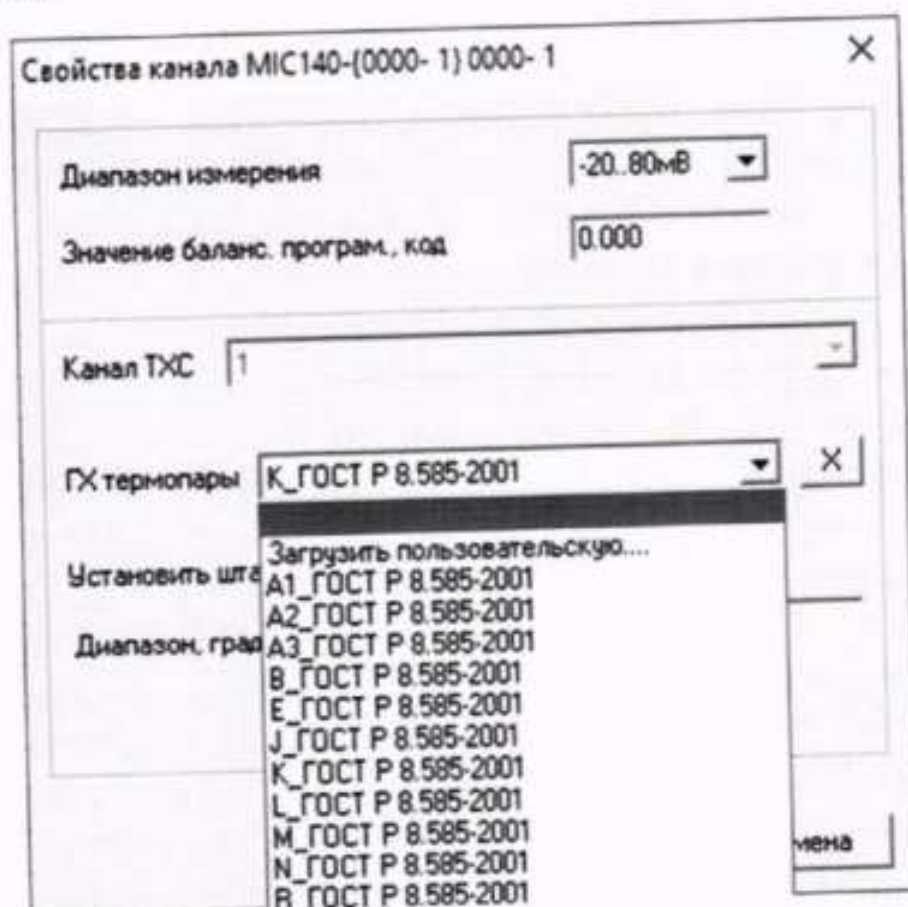


Рисунок Д3 – Окно свойств канала 1 MIC-140

1.4 В окне свойств канала (рисунок Д3) нажатием ЛКМ, выбрать пустую строчку в выпадающем списке «ГХ термопары», а затем кнопку «ДА».

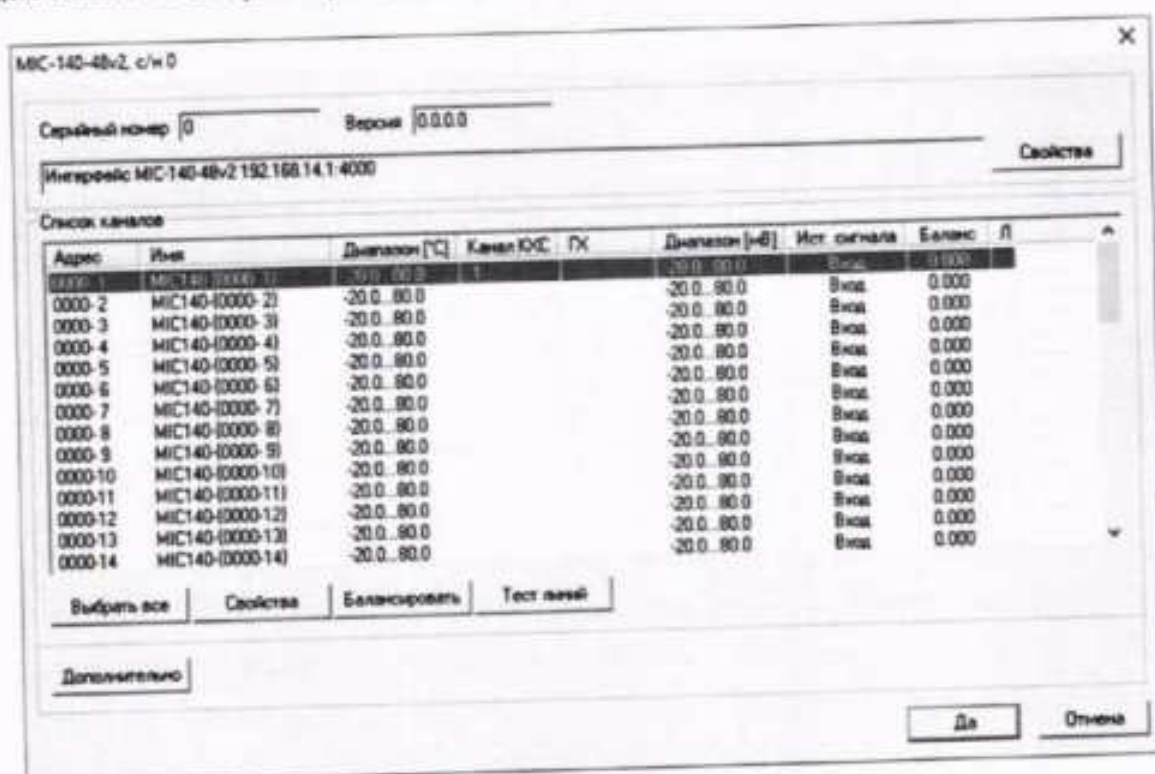


Рисунок Д4 – Окно «Настройка аппаратной части» для MIC-140 после отключения градуировочной характеристики для канала 1

1.5 После действий, указанных в п.п. 1.1 – 1.4, в окне «Настройка аппаратной части» для MIC-140 в колонке «ГХ» строки канала будет отсутствовать тип термопары (см. рисунок Д4), и измерения по каналу 1 будут выполняться в мВ.

2 Подключение градуировочной характеристики

Необходимо для представления результатов измерений сигнала от термопары в единицах температуры.

- Выполнить п.п.1.1 настоящего Приложения.
- В окне рисунок Д1 в области «Канальная ГХ» нажать ЛКМ кнопку 
- В открывшемся окне (рисунок Д5) нажатием выбрать ЛКМ строку «Загрузить из БДГХ»
- В открывшемся окне (рисунок Д6) нажатием ЛКМ выбрать из списка тип термопары, подключенной к каналу MIC-140.
- После действий, указанных в п.п. 2.1 – 2.4, в окне «Настройка аппаратной части» для MIC-140 в колонке «ГХ» строки канала будет указан тип термопары (см. рисунок Д1) и результаты измерений по каналу будут выдаваться в градусах Цельсия.

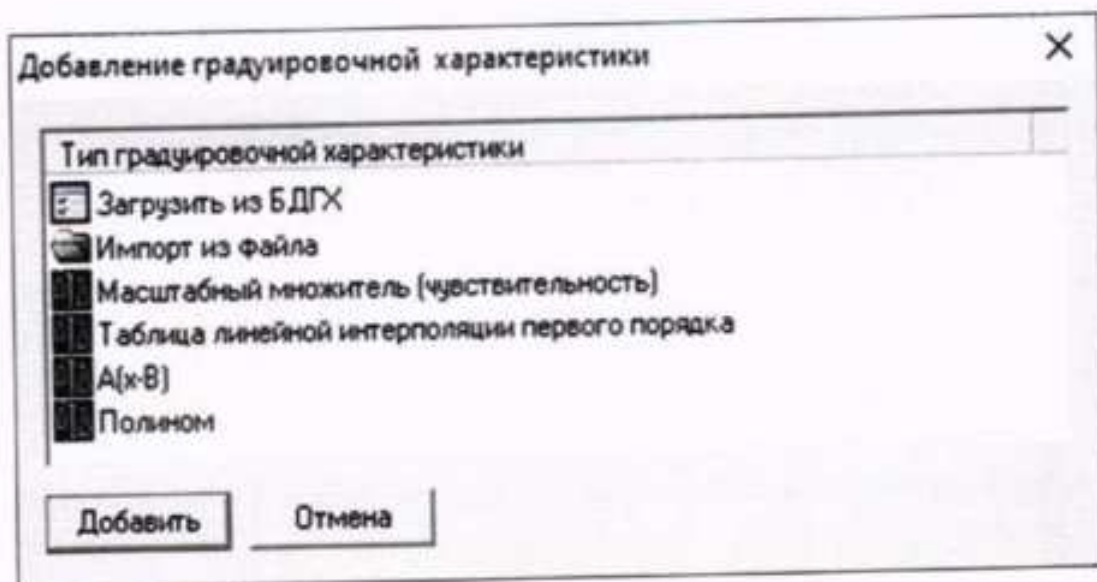


Рисунок Д5 – Окно «Добавление градуировочной характеристики»

Р Просмотр и редактирование базы градуировочных характеристик

Файл Справка



Рисунок Д6 – Окно выбора градуировочной характеристики, соответствующей типу подключаемой к каналу МІС-140 термопары

Приложение Е (обязательное)

Расчёты требований к метрологическим характеристикам электрических частей ИК температур

1. ИК температуры топлива на входе в двигатель CFM56-7B, точка 1 и 2 (T1F_1, T1F_2)

В ИК устанавливаются приборы OWEN ДТС105М-Pt100.0,25.60МГ.И.

В соответствии с документом

https://owen.ru/product/dtshh5_termosoprotivleniya_s_vihodnim_signalom_420_ma/specifications в эти приборы встроены первичные платиновые преобразователи Pt100 температуры в сопротивлении с НСХ по ГОСТ Р 8.625-2006 (термометры сопротивления ДТС рег.№ 28354-10). Выходной сигнал прибора в форме тока в диапазоне от 4 до 20 мА формируется встроенным нормирующим преобразователем. В итоге прибор преобразует температуру в диапазоне от минус 50 до 100 °С в постоянный ток в диапазоне от 4 до 20 мА по классу точности 0,25.

Указанный класс точности соответствует максимальному значению абсолютной погрешности преобразования, приведенной к ВП ДИ, равному 100 °С:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta_{\text{макс}}}{100} \cdot 100 \% = \pm 0,25 \%, \quad (\text{Е.1})$$

Из (Е1) получаем

$$\Delta_{\text{макс}} = 0,25 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (\text{Е.2})$$

В ГОСТ Р 8.625-2006 для термопреобразователей класса допуска А абсолютная погрешность преобразования выражена формулой:

$$\Delta = \pm (0,15 + 0,002 |t|), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Е.3})$$

Для ВП ДИ ($t = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$) получаем по (Е3) $\Delta = \Delta_{\text{макс}}$. Таким образом, объявленный производителем класс точности прибора рассчитан по формуле (Е.3), и эту формулу можно использовать для расчёта абсолютной погрешности преобразования рассматриваемого прибора в разных точках диапазона преобразования.

Для ВП ДИ ИК T1F_1, T1F_2, равного 40 °С, по формуле (Е.3) получим величину абсолютной погрешности ПИП

$$\Delta_{\text{ВП}} = \pm 0,23 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Е.4})$$

При требовании к абсолютной погрешности ИК T1F_1, T1F_2

$$\Delta: \leq \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Е.5})$$

на погрешность электрической части ИК T1F_1, T1F_2 остаётся

$$\Delta_{\text{ЭЧ}} = \Delta - \Delta_{\text{ВП}} = \pm 0,27 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Е.6})$$

Коэффициент преобразования температуры в выходной ток прибора определим как:

$$K_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{ВН}} - I_{\text{НН}}}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{НН}}} = \frac{(20-4)\text{мА}}{(100 - (-50))^\circ\text{C}} = 0,107 \text{ мА/}^\circ\text{C} \quad (\text{Е.7})$$

С учётом (Е.7) для максимальной допустимой абсолютной погрешности электрической части ИК при измерении выходного тока прибора OWEN ДТС105М-Pt100.0,25.60МГ.И получаем:

$$\Delta_{\text{ЭЧ}_\text{ТОК}} = \pm \Delta_{\text{ЭЧ}} \cdot K_{\text{пр}} = \pm 0,029 \text{ мА} \quad (\text{Е.8})$$

В столбце «Номинальные значения силы тока эталона в КТ, мА» таблицы 9.4.5 внесены значения силы тока, рассчитанные по формуле:

$$I_{\text{вых}} = 4 + \frac{(t - t_{\text{нп_пип}}) \cdot (I_{\text{вп_пип}} - I_{\text{нп_пип}})}{(t_{\text{вп_пип}} - t_{\text{нп_пип}})}, \quad [\text{мА}] \quad (\text{Е.9})$$

где $t_{\text{нп_пип}} = -50\text{ }^{\circ}\text{C}$ - НП ДИ температуры ПИП;
 $t_{\text{вп_пип}} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ - ВП ДИ температуры ПИП;
 $I_{\text{нп_пип}} = 4\text{ мА}$ - ток на выходе ПИП, соответствующий НП ДИ температуры;
 $I_{\text{вп_пип}} = 20\text{ мА}$ - ток на выходе ПИП, соответствующий ВП ДИ температуры;
 t - значение измеряемой ПИП температуры.

Для использования при формировании протокола поверки в ПО «Recorder» соответствующую величину максимально допустимого значения приведенной погрешности ИК определим как

$$\gamma_{\text{эч}} = \pm \frac{\Delta_{\text{эч}}}{t_{\text{нп}}} \cdot 100 = \pm \frac{0,27}{40} \cdot 100 = \pm 0,675\% \quad (\text{Е.10})$$

2. ИК температуры внутри испытательного бокса

2.1 В соответствии с описанием типа средства измерений (рег.№16447-08), преобразователь измерительный температуры и влажности ИПТВ-206-МЗ-03 имеет абсолютную погрешность измерений температуры $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. С учётом того, что 1 градус по шкале Цельсия и 1 Кельвин по шкале абсолютных температур равны, определим относительную погрешность измерения температуры для НП ДИ, равного 233 К, как

$$\delta_{\text{нп_ди}} = \pm 0,2 \cdot 100/233 = \pm 0,086\% \quad (\text{Е.11})$$

Тогда, с учётом того, что относительная погрешность всего ИК не должна превышать величину $\delta_{\text{ик}} = 0,5\%$, электрическая часть ИК должна обеспечивать для НП ДИ погрешность

$$\delta_{\text{эч_нп}} = \delta_{\text{ик}} - \delta_{\text{нп_ди}} = \pm (0,5 - 0,086) = \pm 0,414\% \quad (\text{Е.12})$$

2.2 Выходным параметром ИК температуры ИПТВ-206-МЗ-03 является сила постоянного тока. Диапазон изменения тока – от 4 мА до 20 мА для диапазона измеряемых температур от 233 до 383 К (от минус 40 до 110 $^{\circ}\text{C}$). Значение силы тока для значения измеряемой абсолютной температуры T определяется по формуле:

$$I_{\text{вых}} = 4 + \frac{(T - T_{\text{нп}}) \cdot (I_{\text{вп}} - I_{\text{нп}})}{(T_{\text{вп}} - T_{\text{нп}})} \quad [\text{мА}] \quad (\text{Е.13})$$

где $T_{\text{нп}} = 233\text{ К}$ - НП ДИ абсолютной температуры;
 $T_{\text{вп}} = 383\text{ К}$ - ВП ДИ абсолютной температуры;
 $I_{\text{нп}} = 4\text{ мА}$ - ток на выходе ИПТВ-206-МЗ-03, соответствующий НП ДИ;
 $I_{\text{вп}} = 20\text{ мА}$ - ток на выходе ИПТВ-206-МЗ-03, соответствующий ВП ДИ.

2.3 Коэффициент преобразования температуры в выходной ток для ИПТВ-206-МЗ-03 определим как

$$K_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{вп}} - I_{\text{нп}}}{T_{\text{вп}} - T_{\text{нп}}} = \frac{20 - 4}{150} = 0,107\text{ мА/К} \quad (\text{Е.14})$$

2.4 С учётом (Е.12) и (Е.14), электрическая часть ИК должна обеспечивать измерение тока с абсолютной погрешностью не более:

$$\Delta_{\text{эч_ип}} \leq \pm \frac{\delta_{\text{эч_ип}} \cdot T_{\text{ип}}}{100} \cdot K_{\text{пр}} = \pm 0,103 \text{ мА} \quad (\text{E.15})$$

3 ИК температуры подкапотного пространства CFM56-7B TUC_L, TUC_R

3.1 ВП ДИ температуры подкапотного пространства двигателя серии CFM56-7B задан значением $t^{\circ}_{\text{макс}} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а величина приведенной к ВП ДИ погрешности измерений значением $\gamma: \pm 1,0 \%$. Предельно допустимое значение абсолютной погрешности измерений соответственно составляет $\Delta: \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и складывается из максимальной абсолютной погрешности ПИП и максимальной абсолютной погрешности электрической части ИК.

3.2 Погрешность ПИП. В качестве ПИП используются термопары ТД701С-Л1-ПТКК-ХА (рег. № 38468-08) класса допуска 2 по ГОСТ 8.585-2001, для которых пределы допускаемых отклонений термо-ЭДС для температуры t в диапазоне от 333 до 1300 $^{\circ}\text{C}$ пересчитываются в $^{\circ}\text{C}$ по формуле:

$$\Delta_{\text{ПИП}} = \pm 0,0075 \cdot t, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{E.16})$$

Используя (E.16), получаем $\Delta_{\text{ПИП_макс}} = 3,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$

3.3 Погрешность электрической части, реализуемой каналом МИС-140/48.

В соответствии с описанием типа средства измерений (рег. № 46517-21), комплекс измерительный магистрально модульный МИС-140/48 имеет абсолютную погрешность измерений температуры $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютная погрешность измерения температуры холодного спая составляет $\pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Суммируя получаем

$$\Delta_{\text{МИС-140}} = \pm 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{E.17})$$

3.4 С учётом (E.16) и (E.17) предельное значение абсолютной погрешности измерений температуры подкапотного пространства составляет

$$\Delta_{\text{макс}} = \pm (\Delta_{\text{ПИП_макс}} + \Delta_{\text{МИС-140}}) = \pm 4,45 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad (\text{E.18})$$

что не превышает требуемое предельно допустимое значение абсолютной погрешности рассматриваемых ИК, которое составляет $\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.5 Приведенные к ВП ДИ значения погрешностей составляют:

$$\gamma_{\text{ПИП}} = \pm 0,75 \% \quad (\text{E.19})$$

$$\gamma_{\text{МИС-140}} = \pm 0,15 \% \quad (\text{E.20})$$

Приложение И (обязательное)

Расчеты требований к метрологическим характеристикам ИК давлений

1 Требования к МХ ИК статического давления во входном патрубке (точки 1 – 4) (параметры PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4)

В соответствии с документом «ENGINE SHOP MANUAL TASK 72-00-00-760-000. ENGINE ASSEMBLY - TESTING (ENGINE ASSEMBLY ENGINE TEST) 000 – GENERAL» (далее - ESM TASK 72-00-00-760-000) измеряемые параметры PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4 используются для косвенных измерений параметра PSW. Связь между ними определяется выражением:

$$PSW = (PSW_1 + PSW_2 + PSW_3 + PSW_4) / 4 + PAMB, \quad (И.1)$$

где
PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4 - статическое давление во входных патрубках 1, 2, 3 и 4 соответственно;
PAMB - атмосферное давление на уровне оси двигателя.

Абсолютное значение погрешности косвенных измерений параметра PSW определяется следующим образом:

$$\Delta_{PSW} = \sqrt{\left(\frac{\partial PSW}{\partial PSW_1} \Delta PSW_1\right)^2 + \left(\frac{\partial PSW}{\partial PSW_2} \Delta PSW_2\right)^2 + \left(\frac{\partial PSW}{\partial PSW_3} \Delta PSW_3\right)^2 + \left(\frac{\partial PSW}{\partial PSW_4} \Delta PSW_4\right)^2 + \left(\frac{\partial PSW}{\partial PAMB} \Delta PAMB\right)^2} \quad (И.2)$$

Для упрощения положим:

$$\Delta PSW_1 = \Delta PSW_2 = \Delta PSW_3 = \Delta PSW_4 = \Delta X, \quad (И.3)$$

После подстановки частных производных и (И.3) в выражение (И.2) получим:

$$\Delta_{PSW} = \sqrt{\left(\frac{1}{4} \Delta X\right)^2 + \Delta_{PAMB}^2}, \quad (И.4)$$

Из (И.4) путём элементарных преобразований получаем:

$$\Delta X = 2\sqrt{(\Delta_{PSW})^2 - \Delta_{PAMB}^2}, \quad (И.5)$$

Для измерений параметра PAMB в АИИС используется барометр БРС-1-2М, абсолютная погрешность измерений которого составляет

$$\Delta_{PAMB} = \pm 20 \text{ Па} = \pm 0,02 \text{ кПа} \quad (И.6)$$

По ESM требуется измерять параметр PSW для двух значений приведенной погрешности:

- $\pm 0,1 \%$ от ВПДИ = 103 кПа,
- $\pm 0,25 \%$ от ВПДИ = 103 кПа.

По ОСТ 1 01021-93 требования к погрешности измерений давлений воздуха по тракту ГТД значительно менее строгие: $\pm 0,5 \%$ от ВПДИ. Поэтому расчёт выполняем для удовлетворения требований по первому значению приведенной погрешности из ESM, как наиболее строгому, при котором

$$\Delta_{PSW} = \pm 0,1 \cdot \frac{103}{100} = \pm 0,103 \text{ кПа}, \quad (И.7)$$

После подстановок (И.6) и (И.7) в (И.5) получаем требуемое необходимое значение абсолютной погрешности измерений параметров PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4:

$$\Delta X \leq \pm 0,21 \text{ кПа}, \quad (\text{И.8})$$

Соответственно требуемое значение погрешности, приведенной к ВП НЗ параметров PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4, равному 35 кПа, составит:

$$\gamma = \pm 0,6 \% \text{ от ВП НЗ} = 35 \text{ кПа} \quad (\text{И.9})$$

Для реализации ИК параметров PSW_1, PSW_2, PSW_3, PSW_4 в АИИС использованы ПИП ПДЭ-020-ДИВ-320-В-ТУ 4212-122-13282997-2014 (рег.№58668-14), которые в соответствии с описанием типа имеют приведенную погрешность

$$\gamma_{\text{тип}} = \pm 0,05 \times |P| / P_{\text{MAX}} \quad (\text{И.10})$$

При ВП НЗ параметров $P=35 \text{ кПа}$ и ВП ДИ ПИП $P_{\text{MAX}} = 40 \text{ кПа}$

$$\gamma_{\text{тип}} = 0,044 \% \text{ от ВП НЗ} = 35 \text{ кПа} \quad (\text{И.11})$$

Соответственно максимальная абсолютная погрешность этих датчиков составляет:

$$\Delta_{\text{max тип}} = 0,044 \cdot 35 / 100 = 0,0154 \text{ кПа} \quad (\text{И.12})$$

Очевидно, что $\gamma_{\text{тип}} \ll \gamma$ и $\Delta_{\text{тип}} \ll \Delta X$.

2 Требования к МХ ИК полного давления сброса вентилятора (левая гребенка 1, левая гребенка 2, правая гребенка 1, правая гребенка 2) - параметры PT17LHU, PT17LHD, PT17RHU, PT17RHD

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000, измеряемые параметры PT17LHU, PT17LHD, PT17RHU, PT17RHD используются для косвенных измерений параметра PT17_correlation - полное давление сброса вентилятора среднее по 4 гребенкам (для корреляции).

Связь между указанными параметрами определяется выражением:

$$PT17_correlation = (PT17_1 + PT17_2 + PT17_3 + PT17_4) / 4 + P_{\text{AMB}} \quad (\text{И.13})$$

где:

PT17_1 = PT17LHU - полное давление сброса вентилятора (левая гребенка 1),
 PT17_2 = PT17LHD - полное давление сброса вентилятора (левая гребенка 2),
 PT17_3 = PT17RHU - полное давление сброса вентилятора (правая гребенка 1),
 PT17_4 = PT17RHD - полное давление сброса вентилятора (правая гребенка 2),
 PAMB - атмосферное давление на уровне оси двигателя.

Абсолютное значение погрешности параметра PT17_correlation (далее – PT17) соответственно должно определяться следующим образом:

$$\Delta_{PT17} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial PT17}{\partial PT17_1} \Delta PT17_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial PT17}{\partial PT17_2} \Delta PT17_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial PT17}{\partial PT17_3} \Delta PT17_3 \right)^2 + \left(\frac{\partial PT17}{\partial PT17_4} \Delta PT17_4 \right)^2 + \left(\frac{\partial PT17}{\partial P_{\text{AMB}}} \Delta P_{\text{AMB}} \right)^2 \right]} \quad (\text{И.14})$$

Для упрощения положим:

$$\Delta PT17_1 = \Delta PT17_2 = \Delta PT17_3 = \Delta PT17_4 = \Delta X \quad (\text{И.15})$$

После подстановки частных производных и (И.15) в выражение (И.14) получим:

$$\Delta_{PT17} = \sqrt{\left(\frac{1}{4}\Delta X^2 + \Delta_{PAMB}^2\right)} \quad (И.16)$$

Из (И.16) путём элементарных преобразований получаем:

$$\Delta X = 2\sqrt{(\Delta_{PT17})^2 - \Delta_{PAMB}^2} \quad (И.17)$$

В соответствии с ESM TASK 72-00-00-760-000, верхний предел измерений (ВПИ) параметра PT17_correlation равен 172 кПа. Требуемая погрешность измерений этого параметра по ESM составляет $\pm 0,55\%$ от ВПИ, а по ОСТ 1 01021-93 - $\pm 0,5\%$ от ВПИ. Выбираем требуемое значение по ОСТ. Соответственно абсолютная погрешность этого параметра Δ_{PT17} тогда должна находиться в пределах

$$\Delta_{PT17} = \pm 0,5 \cdot 172/100 = \pm 0,86 \text{ кПа.} \quad (И.18)$$

После подстановок (И.6) и (И.18) в (И.17) получаем требуемое необходимое значение абсолютной погрешности измерений параметров PT17LHU, PT17LHD, PT17RHU, PT17RHD:

$$\Delta X \leq \pm 1,72 \text{ кПа} \quad (И.19)$$

Соответственно требуемое значение погрешности, приведенной к ДИ параметров PT17LHU, PT17LHD, PT17RHU, PT17RHD от 0 до 160 кПа, составит:

$$\gamma = \pm 1,08\% \text{ от ДИ} = 160 \text{ кПа} \quad (И.20)$$

Для реализации ИК PT17LHU, PT17LHD, PT17RHU и PT17RHD использованы ПИП МИДА-ДИ-15-0,5/0,16МПа-064(RS485)-M20-ПП4, у которых

$$\gamma_{\text{ПИП}} = \pm 0,5\% \text{ от ДИ} = 160 \text{ кПа} \quad (И.21)$$

Соответственно максимальное допустимое значение абсолютной погрешности для этих ПИП составляет

$$\Delta_{\text{ПИП}} = \pm 0,8 \text{ кПа} \quad (И.22)$$

Очевидно, что $\gamma_{\text{ПИП}} < \gamma$ и $\Delta_{\text{ПИП}} < \Delta X$.

3 Требования к МХ ИК давления, снимаемого гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точка 1, точка 2 - параметров PT10_1 и PT10_2

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000, измеряемые параметры PT10_1 и PT10_2 используются для косвенных измерений параметра PT2 – полного давления, снимаемого гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя в точках 1 и 2.

Связь между указанными параметрами определяется выражением:

$$PT2 = (PT10_1 + PT10_2)/2 + PAMB \quad (И.23)$$

Абсолютное значение погрешности параметра PT2 соответственно должно определяться следующим образом:

$$\Delta_{PT2} = \sqrt{\left(\frac{\partial PT2}{\partial PT10_1} \Delta_{PT10_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial PT2}{\partial PT10_2} \Delta_{PT10_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial PT2}{\partial P_{AMB}} \Delta_{P_{AMB}}\right)^2}, \quad (И.24)$$

Положив $\Delta_{PT10_1} = \Delta_{PT10_2} = \Delta_X$, из (И.24) получим:

$$\Delta_{PT2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \Delta_X^2 + \Delta_{P_{AMB}}^2\right)} \quad (И.25)$$

Из (И.25) путём элементарных преобразований получаем:

$$\Delta_X = \sqrt{2(\Delta_{PT2}^2 - \Delta_{P_{AMB}}^2)} \quad (И.26)$$

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000, требуется обеспечить приведенную к ВПДИ, равному 103 кПа, погрешность измерений параметра PT2, равную $\pm 0,1$ %. Предельно допустимое значение абсолютной погрешности измерений параметра PT2 тогда составляет

$$\Delta_{PT2} = \pm 0,103 \text{ кПа}. \quad (И.27)$$

После подстановки (И.27) и (И.6) в (И.26) получаем необходимое значение абсолютной погрешности измерений параметров PT10_1 и PT10_2:

$$\Delta_X = \pm 0,148 \text{ кПа} \quad (И.28)$$

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000 ДИ ИК параметров PT10_1 и PT10_2 должен составлять от -7 до 7 кПа. Для реализации этих ИК выбраны ПИП с цифровым выходом ПДЭ-020-ДИВ-310-В-ТУ 4212-122-13282997-2014 (рег. №58668-14) с ДИ от -10 до 10 кПа. В соответствии с описанием типа эти ПИП имеют приведенную погрешность, определяемую выражением:

$$\gamma_{\text{тип}} = \pm 0,05 \times |P| / P_{\text{MAX}} \quad (И.29)$$

Для ВП ДИ $P=7$ кПа и

$$\gamma_{\text{тип}} = \pm 0,05 \times 7/10 = \pm 0,035 \% \quad (И.30)$$

Максимальная приведенная погрешность ИК параметров PT10_1 и PT10_2 не должна превышать

$$\gamma_{\text{max}} = \pm 0,148 \cdot 100/7 = \pm 2,11 \% \text{ от ВП ДИ} = 7 \text{ кПа} \quad (И.31)$$

В таблицу А1 Приложения А к настоящей методике внесено значение, округлённое до ближайшего целого:

$$\gamma_{\text{max}} = \pm 2,0 \% \text{ от ВП ДИ} = 7 \text{ кПа}$$

4 Требования к МХ ИК давления, снимаемого гребенками 856A1158 во входном патрубке двигателя точка 3, точка 4 - параметров PS10_1 и PS10_2

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000, измеряемые параметры PS10_1 и PS10_2 используются для косвенных измерений параметра PS2 – полного давления, снимаемого гребёнками 856A1158 во входном патрубке двигателя в точках 3 и 4.

Связь между указанными параметрами определяется выражением:

$$PS2 = (PS10_1 + PS10_2) / 2 + P_{AMB} \quad (И.32)$$

Абсолютное значение погрешности параметра PS2 соответственно должно определяться следующим образом:

$$\Delta_{PS2} = \sqrt{\left(\frac{\partial PS2}{\partial PS10_1} \Delta_{PS10_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial PS2}{\partial PS10_2} \Delta_{PS10_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial PS2}{\partial P_{AMB}} \Delta_{P_{AMB}}\right)^2}, \quad (И.33)$$

Положив $\Delta_{PS10_1} = \Delta_{PS10_2} = \Delta_X$, из (И.33) получим:

$$\Delta_{PS2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \Delta_X^2 + \Delta_{P_{AMB}}^2\right)} \quad (И.34)$$

Из (И.34) путём элементарных преобразований получаем:

$$\Delta_X = \sqrt{2(\Delta_{PS2}^2 - \Delta_{P_{AMB}}^2)} \quad (И.35)$$

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000, требуется обеспечить приведенную к ВПДИ, равному 103 кПа, погрешность измерений параметра PS2, равную $\pm 0,1\%$. Предельно допустимое значение абсолютной погрешности измерений параметра PS2 тогда составляет

$$\Delta_{PS2} = \pm 0,103 \text{ кПа}. \quad (И.36)$$

После подстановки (И.36) и (И.6) в (И.35) получаем необходимое значение абсолютной погрешности измерений параметров PS10_1 и PS10_2:

$$\Delta_X = \pm 0,148 \text{ кПа} \quad (И.37)$$

В соответствии с документом ESM TASK 72-00-00-760-000 ДИ ИК параметров PS10_1 и PS10_2 должен составлять от -35 до 35 кПа. Для реализации этих ИК выбраны ПИП с цифровым выходом ПДЭ-020-ДИВ-320-В-ТУ 4212-122-13282997-2014 (рег. №58668-14) с ДИ от -40 до 40 кПа. В соответствии с описанием типа эти ПИП имеют приведенную погрешность, определяемую выражением:

$$\gamma_{тип} = \pm 0,05 \times |P| / P_{MAX} \quad (И.38)$$

Для ВП ДИ $P=35$ кПа и

$$\gamma_{тип} = \pm 0,05 \times 35/40 = \pm 0,044\% \quad (И.39)$$

Максимальная приведенная погрешность ИК параметров PS10_1 и PS10_2 не должна превышать

$$\gamma_{max} = \pm 0,148 \cdot 100/35 = \pm 0,42\% \text{ от ВП ДИ} = 35 \text{ кПа} \quad (И.40)$$

В таблицу А1 Приложения А к настоящей методике внесено округленное значение $\gamma_{max} = \pm 0,4\%$ от ВП ДИ= 35 кПа

Приложение К (обязательное)

Формирование и настройка расчетных ИК вибраций (виброскоростей и виброперемещений) 1-х роторных гармоник в программном модуле «МОРИ»

Важно: действия, описываемые в настоящем Приложении, выполняются однократно при настройке ИК АИИС. В случае, если необходимые расчетные каналы «МОРИ», указанные в таблицах 9.6.1 и 9.7.1 настоящей МП, созданы и настроены, создавать их заново строго запрещается! При дублировании каналов может быть спровоцирована некорректная обработка результатов измерений, поступающих по этим каналам, а также отключение сигнализации и логирования уставок предаварийных и аварийных значений параметров!

1. Общие сведения

ПО «МОРИ» - программный модуль обработки результатов измерения в составе ПО «Recorder» («СИАМ-Сервер»)

ПО «МОРИ» формирует для представления программой «Recorder» (СИАМ) в реальном времени процесса испытаний измерительные данные по следующим независимым расчётным каналам:

- двойной амплитуды 1-й гармоники виброперемещений роторов низкого давления 5B_VIBNo1B_N1, 5B_VIBFFCC_N1, 7B_VIBNo1B_N1, 7B_VIBCCFFV_N1
- амплитуды 1-й гармоники виброскоростей роторов высокого давления 5B_VIBNo1B_N2, 5B_VIBFFCC_N2, 7B_VIBNo1B_N2, 7B_VIBCCFFV_N2.

Эти расчётные каналы не оказывают влияния на процессы измерений, выполняемых с помощью аппаратных и программных компонент ИК измерения напряжения переменного тока от ПИП частоты вращения и ПИП виброускорения.

1.1. Состав программных и аппаратных средств, используемый для обработки:

- модули MR-202, установленные в крейте MIC-236 с PromPC A331;
- Сервер PromPC A331;
- ПО «Recorder» с графической надстройкой «СИАМ-Сервер»;
- ИК сигналов с ПИП частоты вращения роторов;
- ИК вибраций (напряжений, соответствующих виброускорению) с ПИП, установленных на ГТД.

1.2. Используемые типы обработки в ПО «МОРИ»:

1) Алгоритм «Тахо» используется для программного расчета частоты сигнала по пороговым (абсолютным или относительным) значениям параметра (в нашем случае - напряжения) в реальном времени.

Применяется к следующим физическим каналам:

- «5B_N1_Tacho», (результат обработки - канал «5B_N1_Tacho_f»);
- «5B_N2_Tacho», (результат обработки - канал «5B_N2_Tacho_f»);
- «7B_N1_Tacho», (результат обработки - канал «7B_N1_Tacho_f»);
- «7B_N2_Tacho», (результат обработки - канал «7B_N2_Tacho_f»).

Параметры настройки алгоритма «тахо» для каналов указаны на рисунках K1 и K2 для двигателей CFM56-5B и CFM56-7B соответственно.

2) Алгоритм расчета АФЧХ основывается на вычислениях комплексных коэффициентов Фурье для заданных частот с последующим вычислением амплитуд гармоник виброускорения для этих частот, по которым затем вычисляются амплитуды гармоники виброскорости и виброускорения.

Взаимосвязь и названия каналов при использовании алгоритма расчета АФЧХ изображена на рисунках: K1 – для двигателя CFM56-5B и K2 для двигателя CFM56-7B.

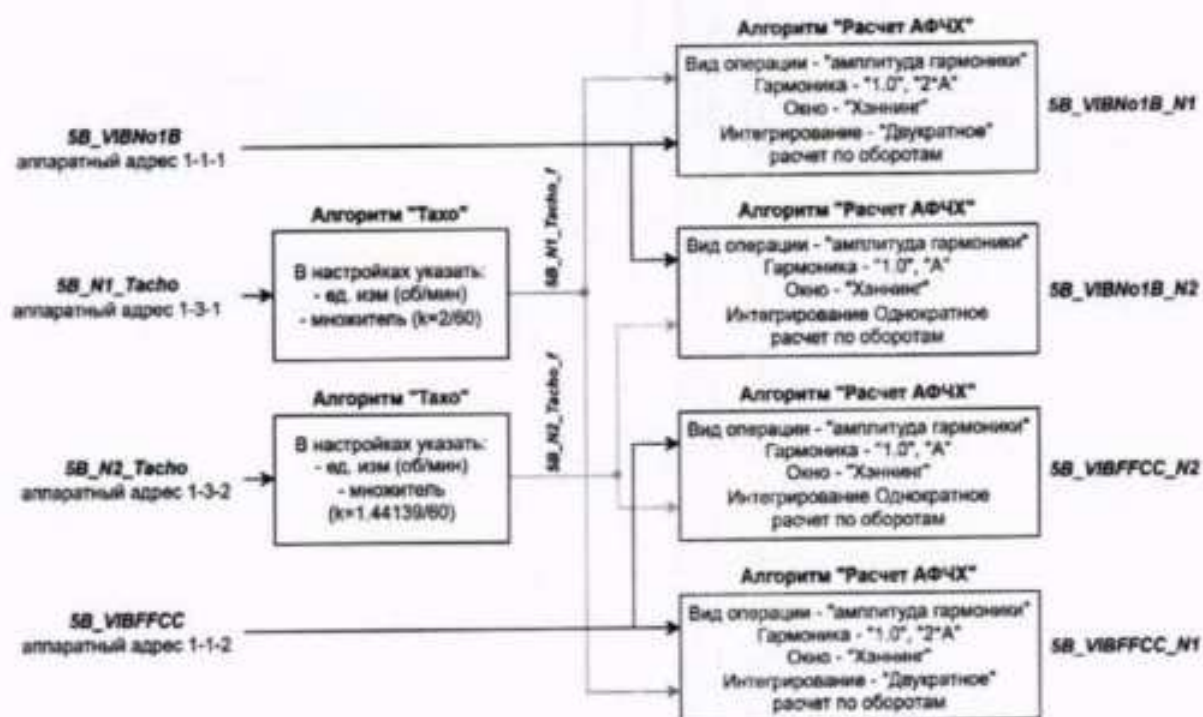


Рисунок К1 – Формирование в ПО «МОРИ» расчётных ИК виброперемещений и виброскоростей для двигателя CFM56-5B

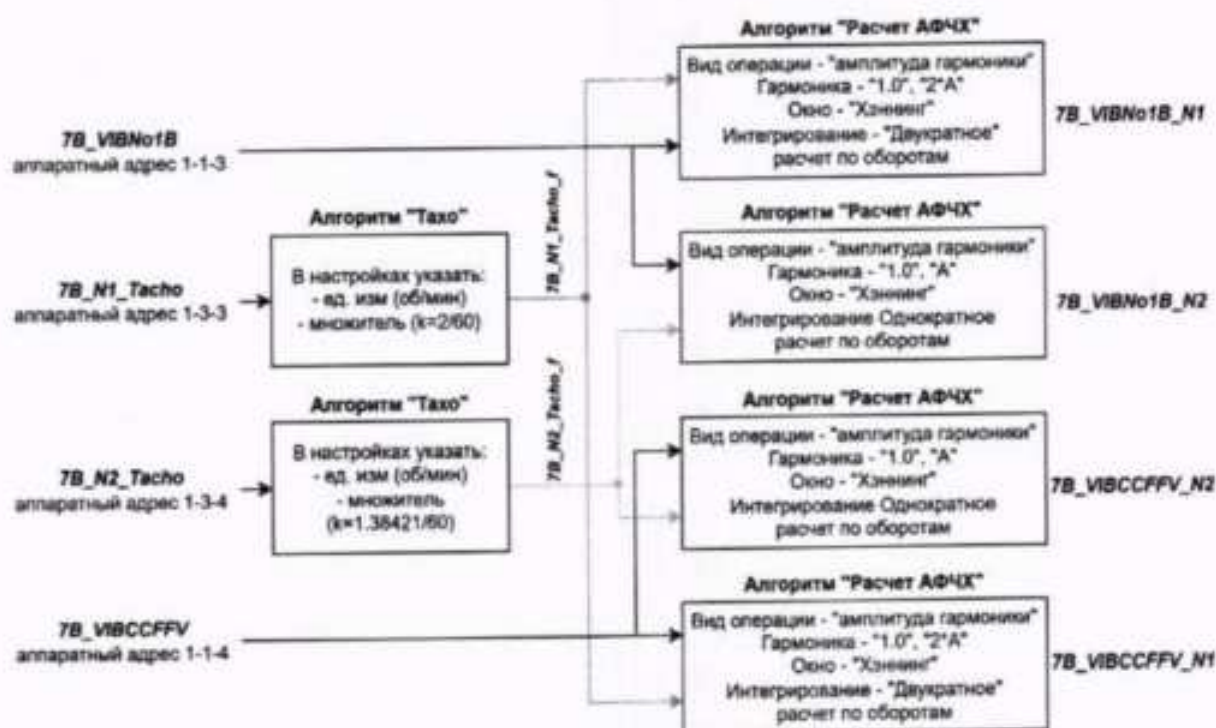


Рисунок К2 - Формирование в ПО «МОРИ» расчётных ИК виброперемещений и виброскоростей для двигателя CFM56-7B

2. Формирование и настройка расчетных каналов

Плагин «МОРИ» включен в базовый пакет плагинов ПО СИАМ (графической надстройки для ПО Recorder) и загружается автоматически.

Ниже описана процедура проверки наличия установленного плагина.

В главном окне ПО «Recorder» (СИАМ) (рис. К3), в режиме остановки просмотра или записи, нажатием на кнопку  войти в окно «Настройка» и выбрать вкладку «Плагины» (рис.К4 «-1-»).

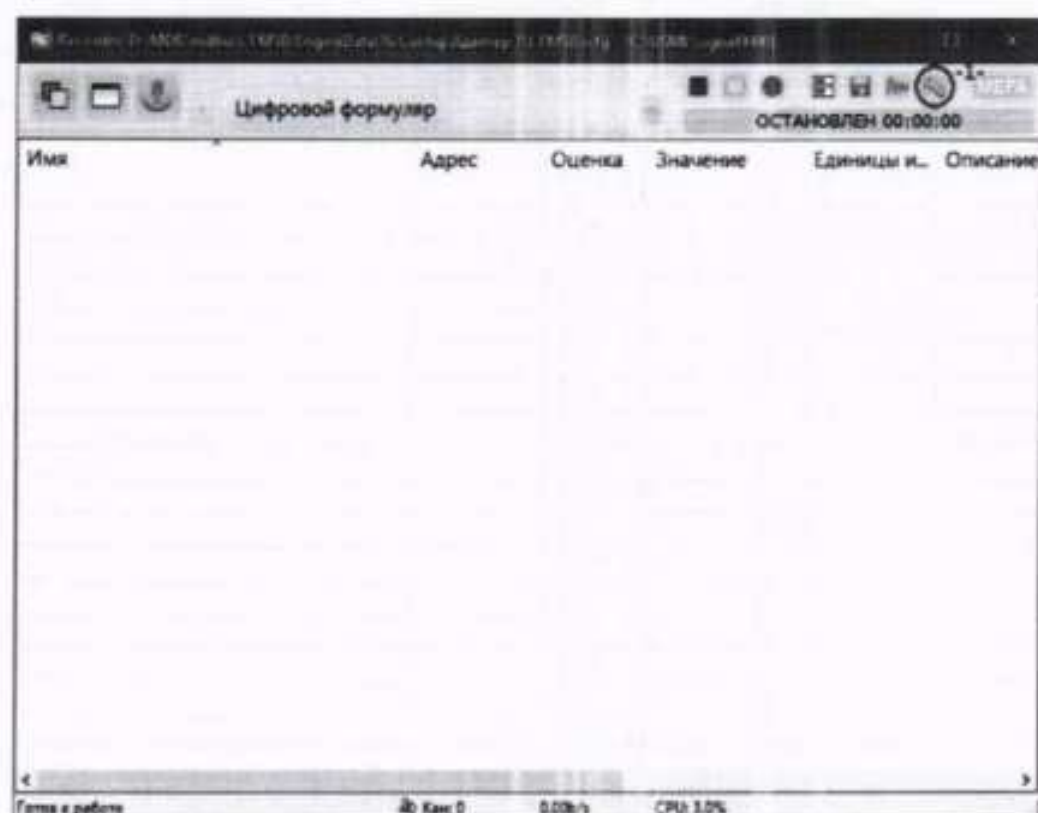


Рисунок К3

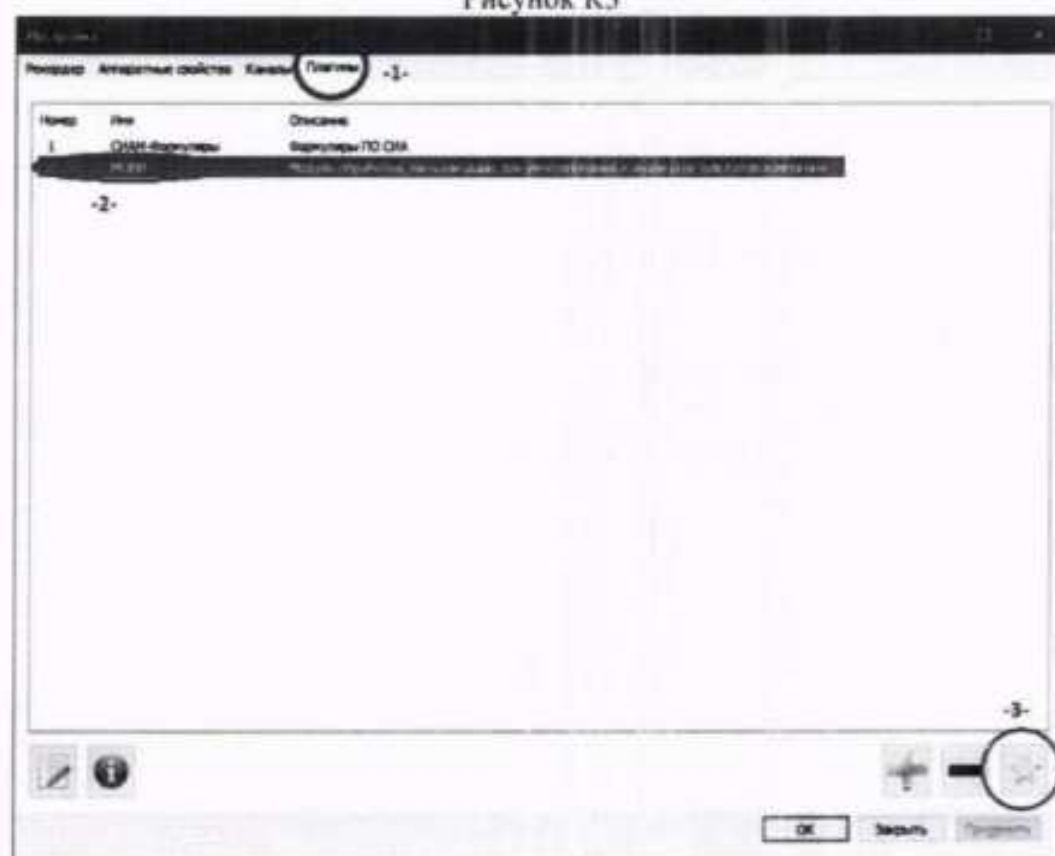


Рисунок К4 – Пример вкладки «Плагины»

В случае, если плагин МОРИ установлен и добавлен, он отобразится в списке на вкладке «плагины» (рис.К4 «-2-»), в противном случае – требуется нажать на символ звездочки (рис.К4 «-3-») и добавить плагин вручную (рис.К5).

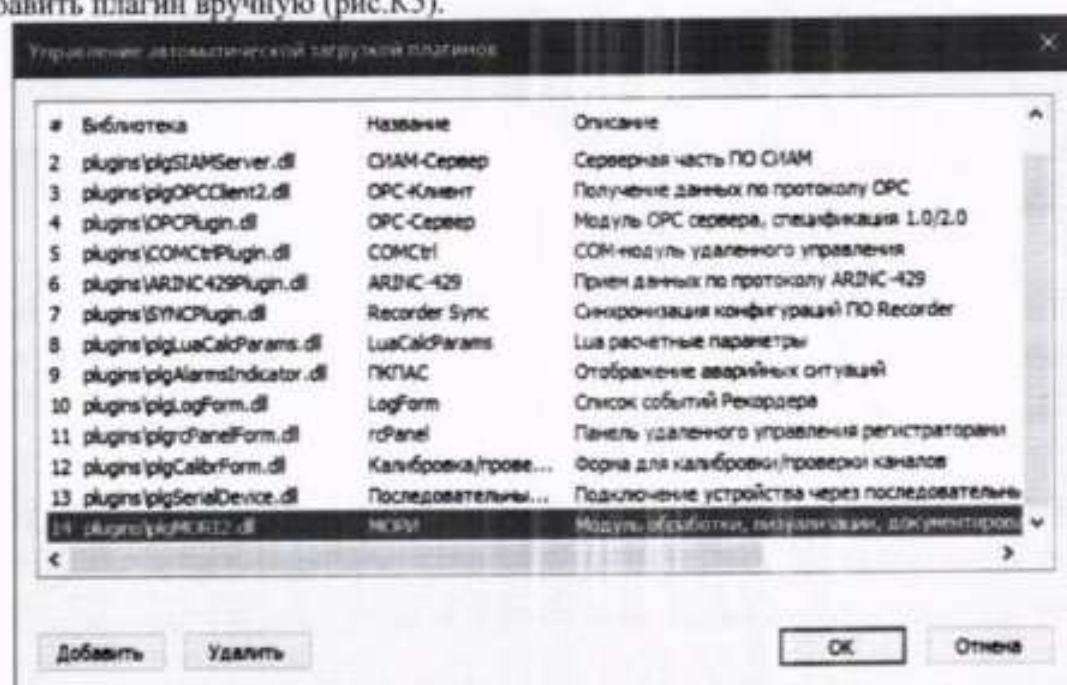


Рисунок К5 – Выбор плагина в списке доступных для установки

2.1. Формирование и настройка каналов измерения частоты периодического сигнала с использованием алгоритма «Тахо».

В окне «настройка» ПО Recorder (СИАМ), выбрать вкладку «каналы» (рис.К6).

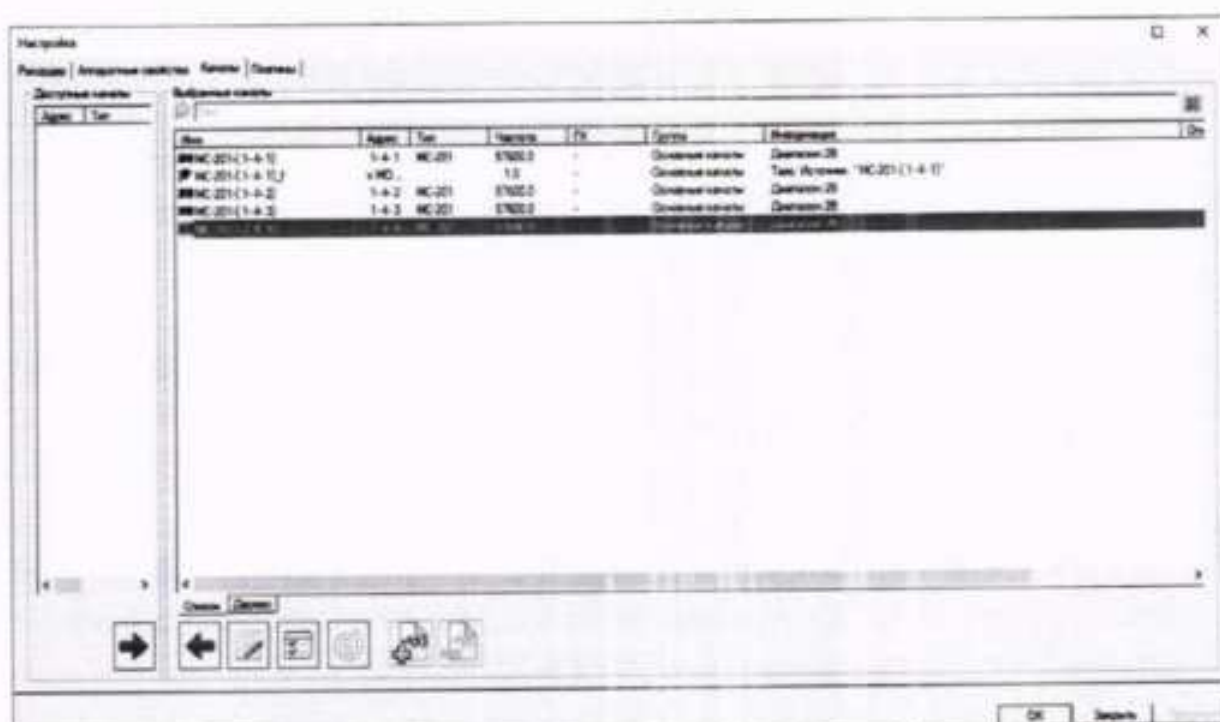


Рисунок К6 - Открытая вкладка «Каналы» окна «Настройка».

Нажатием ЛКМ выбрать необходимый ИК модуль MR-202*, а затем нажать ЛКМ на иконе , откроется окно, отображенное на рисунке К7.

* имена каналов требующих обработку «Тахо»: 5B_N1_Tacho, 5B_N2_Tacho, 7B_N1_Tacho, 7B_N2_Tacho.

Эти ИК, требующие обработки, так же указаны на рисунках К1 и К2.

Рисунок К7 - Окно «Создание расчётного канала», «Свойства расчетного канала»

Далее – ввести при необходимости имя расчетного канала путём редактирования поля «Имя» (рисунок К7 поле «-1-»).

Примечание: название расчетного параметра формируется автоматически. При выборе обработки «Тахо» - к названию исходного канала добавляется «f». Изменять имя расчетного канала не рекомендуется, т.к. по имени происходит привязка к каналу при последующих обработках.

Нажатием ЛКМ на поле «-2-» рисунка К7 раскрыть выпадающий список алгоритмов обработки и выбрать в нём нажатием ЛКМ строку «Тахо».

Нажатием кнопки Настройка... (рисунок К7 поле «-3-») войти в окно настройки алгоритма (рисунок К8).

Далее необходимо изменить следующие настройки по примеру.

1) Размер блока. В примере задан период формирования значений частоты обрабатываемого сигнала 0,2 с (при частоте взятия выборок сигнала 54 кГц).

2) Множитель. Множители рассчитываются по принципу: «Табличный коэффициент расчета частоты вращения ротора в об/мин по частоте сигнала с датчика в Гц» поделенный на 60. Ниже представлены требуемые множители для настройки алгоритма «Тахо» в ПО «МОРИ» для 4-х имеющихся в АИИС ИК частоты электрических сигналов, соответствующих частотам вращения роторов:

5B_N1_Tacho - 0,033333333 (исх. коэффициент 2);

5B_N2_Tacho - 0,024023167 (исх. коэффициент 1,44139);

7B_N1_Tacho - 0,033333333 (исх. коэффициент 2);

7B_N2_Tacho - 0,023070167 (исх. коэффициент 1,38421).

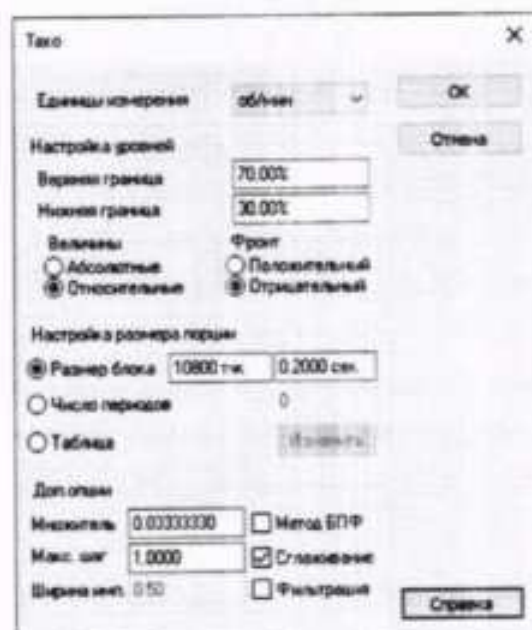


Рисунок К8 - Окно настройки алгоритма «Тахо»

Остальные настройки в окне настройки алгоритма «Тахо» рекомендуется оставить без изменений. По окончании настроек, нажать ЛКМ кнопку «ОК» в окне рисунок К8 и приступить к созданию следующего расчетного канала «Тахо». В окне на рис.К9 отображен пример успешно созданного расчетного канала по алгоритму «Тахо».

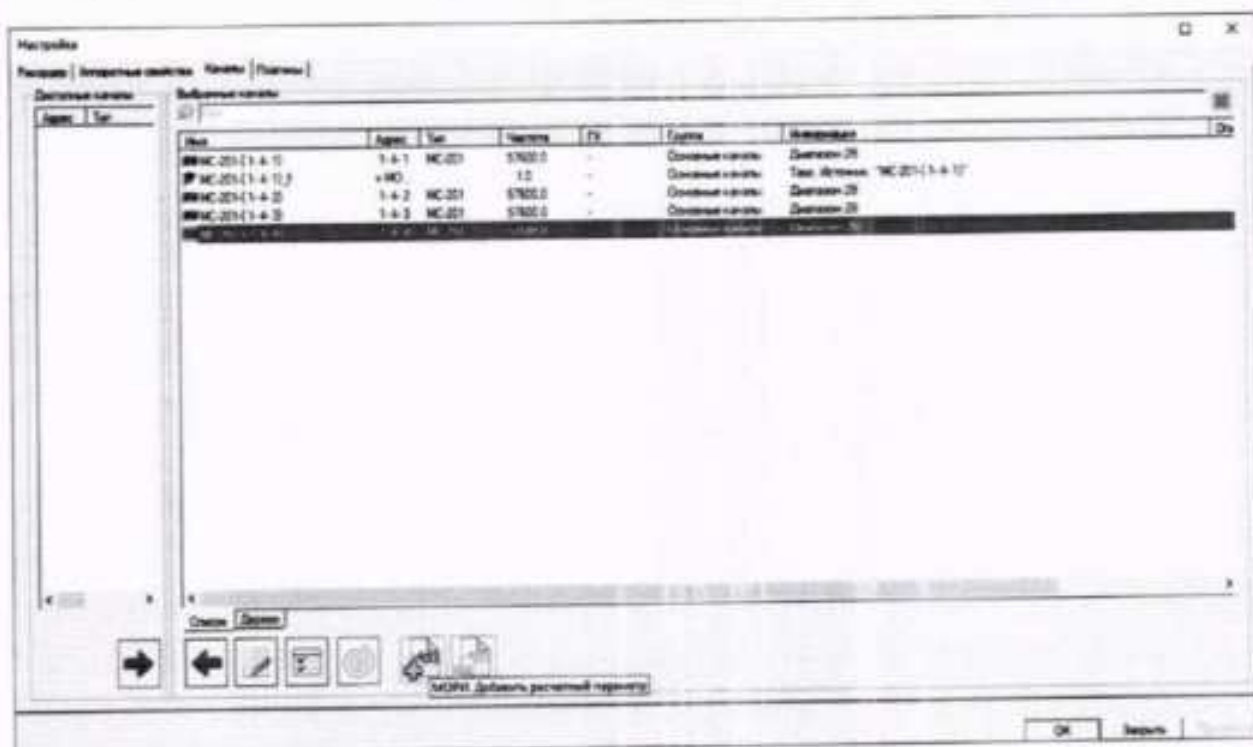


Рисунок К9 - Вкладка «Каналы» с созданным расчетным каналом

2.2. Формирование и настройка каналов измерения виброскорости

Аналогично изложенному выше в п.п.2.1, во вкладке «Каналы», нажатием , создать расчетные параметры для каналов: 5B_VIBNo1B, 5B_VIBFFCC, 7B_VIBNo1B, 7B_VIBCCFFV.

Нажатием ЛКМ поля «-2-» в окне рис. К6 раскрыть выпадающий список алгоритмов обработки и выбрать в нём нажатием ЛКМ строку «расчет АФЧХ». Выбрать требуемый тахо-канал (см. рис.К1, рис.К2). В качестве тахо-канала используются соответствующие расчётные каналы, сформированные в соответствии с п.п.2.1 настоящего Приложения.

Примечание: следует обратить внимание, что виброскорости рассчитываются только по частотам ротора N2.

Вместо автоматической приписки Ae(f), в названии расчетного канала добавить приписку «_N2» (например: «5B_VIBNo1B_N2»). После выбора тахо-канала, нажать ЛКМ «Настройка» (рис. К7, поле -3-). Откроется настройка алгоритма АФЧХ (рис. К10).

Далее – последовательно выбрать:

- 1) Вид операции – «амплитуда гармоники» (-1-, рис. К10);
- 2) Гармоника – «1.0», тип оценки – «А» - амплитуда (-2-, рис. К10);
- 3) Окно – «Хэннинг» (-3-, рис. К10);
- 4) Интегрирование – «однократное» (-4-, рис. К10);
- 5) Поставить галочку «расчет по оборотам» (-5-, рис. К10)

Рисунок К10 - Окно настроек алгоритма АФЧХ для расчета виброскоростей.

Аналогично повторить для всех каналов, требующих расчета виброскорости.

2.3. Формирование и настройка каналов измерения виброперемещения

Во вкладке «каналы», нажатием  создать расчетные параметры для каналов: 5B_VIBNo1B, 5B_VIBFFCC, 7B_VIBNo1B, 7B_VIBCCFFV.

Нажатием ЛКМ поля «-2-» в окне рис. К7 раскрыть выпадающий список алгоритмов обработки и выбрать в нём нажатием ЛКМ строку «расчет АФЧХ». Выбрать требуемый тахо-канал (см. рис. К2). В качестве тахо-канала используются соответствующие расчётные каналы, сформированные в соответствии с п.2.1 настоящего приложения.

Примечание: необходимо обратить внимание, что каналы расчета виброперемещения рассчитываются только по частотам ротора N1.

Вместо автоматической приписки Ae(f), в названии расчетного канала добавить приписку «N1» (например: «5B_VIBNo1B_N1»). После выбора тахо-канала, нажать ЛКМ кнопку «Настройка» (окно рис. К6, -3-). Откроется настройка алгоритма АФЧХ (окно рис. К11).

Далее – последовательно выбрать:

- 1) Вид операции – «амплитуда гармоник» (-1-, рис. К11);
- 2) Гармоника – «1.0», тип оценки – «2*А» - размах (-2-, рис. К11);
- 3) Окно – «Хэннинг» (-3-, рис. К11);
- 4) Интегрирование – «Двукратное» (-4-, рис. К11);
- 5) Поставить галочку «расчет по оборотам» (-5-, рис. К11).



Рисунок 1 - Окно настроек алгоритма АФЧХ для расчета виброперемещений.

Аналогично повторить для всех каналов, требующих расчета виброперемещения.

Приложение Л (обязательное)

Расчёты параметров, используемых в процедурах поверки ИК виброперемещений и виброскоростей

1 Расчет значений СКЗ заряда на выходе ПИП и значений СКЗ напряжения на выходе калибратора, соответствующих значениям двойной амплитуды 1-й гармоники виброперемещений ротора низкого давления

В соответствии с [1] и [2], амплитуда виброперемещения связана со значениями виброускорения и частотой вибрации соотношением

$$S = a \cdot \frac{10^3}{(2\pi f)^2}, \text{ [мкм]} \quad (\text{Л1})$$

Соответственно двойная амплитуда виброперемещений определяется как

$$S_2 = 2 \cdot a \cdot \frac{10^3}{(2\pi f)^2}, \text{ [мкм]} \quad (\text{Л2})$$

Из (Л2) следует, что амплитуда виброускорения выражается, как

$$a = \frac{S_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2}{2 \cdot 10^3}, \text{ [м/с}^2\text{]} \quad (\text{Л3})$$

Амплитуду виброускорения в единицах ускорения свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ выразим как

$$a_g = \frac{S_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2}{9,8 \cdot 2 \cdot 10^3}, \text{ [g]} \quad (\text{Л4})$$

Среднеквадратическое значение виброускорения в единицах ускорения свободного падения описывается соотношением:

$$a_{g_{rms}} = \frac{a_g}{\sqrt{2}} = \frac{S_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2}{9,8 \cdot 2 \cdot 1,41 \cdot 10^3} = 0,00143 \cdot S_2 \cdot f^2, \text{ [g]} \quad (\text{Л5})$$

По имеющейся технической информации, ПИП виброускорения преобразует виброускорение в электрический заряд с коэффициентом преобразования

$$K_{\text{ПИП}} = 100, \text{ [пКл/g]} \quad (\text{Л6})$$

Соответственно, среднеквадратическое значение величины заряда на выходе ПИП будет определяться формулой:

$$Q_{g_{rms}} = a_{g_{rms}} \cdot 100 = 0,143 \cdot S_2 \cdot f^2, \text{ [пКл]} \quad (\text{Л7})$$

При использовании для формирования заряда при поверке ИК меры ёмкости и источника напряжения переменного тока

$$Q_{g_{rms}} = U \cdot C, \text{ [пКл]} \quad (\text{Л8})$$

где U – СКЗ напряжения на выходе источника напряжения переменного тока, В;
 C – величина меры ёмкости в пФ.

При использовании меры ёмкости P597/7 в 1000 пФ из (Л8) с учётом (Л7) получаем:

$$U = \frac{Q_{g,rms}}{C} = 0,000143 \cdot S_2 \cdot f^2 \quad (Л9)$$

В таблице 9.6.1 раздела 9.6 настоящей МП приведены результаты расчётов по формуле (Л7) значений заряда на входе электрической части ИК и результаты расчётов по формуле (Л9) СКЗ напряжения на мере ёмкости в 1000 пф для контрольных точек двойной амплитуды виброперемещения и частот 1-й гармоники виброперемещений ротора низкого давления, по которым должна выполняться поверка ИК.

В структуре ИК заряд поступает на вход усилителя заряда ME-918. При установке в соответствии с [3] коэффициента усиления заряда

$$K_{y3} = 2,9 \quad [\text{мВ/пКл}] \quad (Л10)$$

на вход модуля аналого-цифрового преобразования MR-202 будет поступать напряжение переменного тока со среднеквадратическим значением:

$$U = Q_{g,rms} \cdot K_{y3} = 0,143 \cdot S_2 \cdot f^2 \cdot \frac{2,9}{10^3} = 0,0004147 \cdot S_2 \cdot f^2, \quad [\text{В}] \quad (Л11)$$

В КТ с наибольшими параметрами частоты $f = 120$ Гц и виброперемещения $S_2 = 0,26$ мм, значение U составит 1,55 В. Соответственно амплитуда напряжения переменного тока на входе модуля MR-202 будет равна 2,19 В. Исходя из данного значения и в соответствии с [4] необходимо устанавливать рабочий диапазон модуля ± 3 В.

2 Расчет значений СКЗ заряда на выходе ПИП и значений СКЗ напряжения на выходе калибратора, соответствующих значениям амплитуды 1-й гармоники виброскоростей ротора высокого давления

В соответствии с [1] и [2], амплитуда виброскорости связана со значениями виброускорения и частотой вибрации соотношением:

$$V = \frac{a \cdot 10^3}{(2\pi f)}, \quad [\text{м/с}^2] \quad (Л12)$$

Из (Л12) следует, что амплитуда виброускорения выражается, как

$$a = \frac{2 \cdot \pi \cdot V \cdot f}{10^3}, \quad [\text{м/с}^2] \quad (Л13)$$

Амплитуду виброускорения в единицах ускорения свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ выразим как

$$a_g = \frac{2 \cdot \pi \cdot V \cdot f}{9,8 \cdot 10^3}, \quad [g] \quad (Л14)$$

Среднеквадратическое значение виброускорения в единицах ускорения свободного падения описывается соотношением:

$$a_{g,rms} = \frac{a_g}{\sqrt{2}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot V \cdot f}{9,8 \cdot 1,41 \cdot 10^3} = 0,00045 \cdot V \cdot f, \quad [g] \quad (Л15)$$

По имеющейся технической информации, ПИП виброускорения преобразует виброускорение в электрический заряд с коэффициентом преобразования

$$K_{пип} = 100, \quad [\text{пКл/}g] \quad (Л16)$$

Соответственно, среднеквадратическое значение величины заряда на выходе ПИП будет определяться формулой:

$$Q_{g,rms} = a_{g,rms} \cdot 100 = 0,045 \cdot V \cdot f, \quad [\text{пКл}] \quad (\text{Л17})$$

При использовании для формирования заряда при поверке ИК меры ёмкости и источника напряжения переменного тока

$$Q_{g,rms} = U \cdot C, \quad [\text{пКл}] \quad (\text{Л18})$$

где U – СКЗ напряжения на выходе источника напряжения переменного тока, В;
 C – величина меры ёмкости в пФ.

При использовании меры ёмкости Р597/7 в 1000 пФ из (Л18) с учётом (Л17) получаем:

$$U = \frac{Q_{g,rms}}{C} = 0,000045 \cdot V \cdot f \quad (\text{Л19})$$

В таблице 9.7.1 раздела 9.7 настоящей МП приведены результаты расчётов по формуле (Л17) значений заряда на входе электрической части ИК и результаты расчётов по формуле (Л19) СКЗ напряжения на мере ёмкости в 1000 пФ для контрольных точек двойной амплитуды виброскорости и частот 1-й гармоники виброскорости ротора низкого давления, по которым должна выполняться поверка ИК.

В структуре ИК заряд поступает на вход усилителя заряда МЕ-918. При установке в соответствии с [3] коэффициента усиления заряда

$$K_{уз} = 2,9 \quad [\text{мВ/пКл}] \quad (\text{Л20})$$

на вход модуля аналого-цифрового преобразования MR-202 будет поступать напряжение переменного тока со среднеквадратическим значением:

$$U = Q_{g,rms} \cdot K_{уз} = 0,045 \cdot V \cdot f \cdot \frac{2,9}{10^3} = 0,0001305 \cdot V \cdot f, \quad [\text{В}] \quad (\text{Л21})$$

В КТ с наибольшими параметрами частоты $f = 320$ Гц и виброскорости $V = 51$ мм, значение U составит 2,13 В. Соответственно амплитуда напряжения переменного тока на входе модуля MR-202 будет равна 3,002 В. Исходя из данного значения и в соответствии с [4] необходимо устанавливать рабочий диапазон модуля ± 3 В.

Литература к Приложению Л:

1 ГОСТ Р ИСО 20816-1-2021 Вибрация. Измерения вибрации и оценка вибрационного состояния машин. Часть 1. Общее руководство.

2 Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт /В.И. Бобровицкий, В.А. Сидоров. — Донецк: Юго-Восток, 2011. — 238 с

3 Усилитель заряда программируемый МЕ-918. Руководство по эксплуатации БЛИЖ.421726.918.003 РЭ

4 Комплексы измерительные магистрально-модульные МИС-М. Описание типа средства измерений (рег. № 46517-21)