

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	12
7 Внешний осмотр средства измерений.....	13
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений. проверка программного обеспечения средства измерений	14
9 Определение метрологических характеристик средства измерений	17
10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	30
11 Оформление результатов поверки.....	35
Приложение А (обязательное)	36
Приложение Б (рекомендуемое).....	39

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВП	– верхний предел диапазона измерений или нормированного значения измеряемого параметра;
ГТД	– газотурбинный двигатель;
ДИ	– диапазон измерений;
ДМП	– динамометрическая платформа;
ИК	– измерительный канал (каналы);
КТ	– контрольная точка диапазона измерений (ДИ), в которой устанавливается (задается) номинальное действительное значение измеряемой величины, принимаемое за истинное, при проведении экспериментальных исследований поверяемого ИК;
НСХ	– номинальная статическая характеристика;
МП	– методика поверки;
МХ	– метрологические характеристики;
ПО	– программное обеспечение;
ПП	– первичный преобразователь (датчик);
РЭ	– руководство по эксплуатации;
СГУ	– стендовое градуировочное устройство;
СКО	– среднее квадратическое отклонение;
ТХА	– преобразователь термоэлектрический хромель-алюминевый;
ТЭДС	– термоэлектродвижущая сила;
ФО	– формуляр;
ФИФ ОЕИ	– Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (МП) разработана в соответствии с Приказом Минпромторга России № 2907 от 28.08.2020 г., 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 управления технологическим процессом испытаний АСУТП-И (далее по тексту – Система, АСУТП-И), предназначенной для проведения испытаний авиационного газотурбинного двигателя типа АИ-222-25 на закрытом испытательном стенде в наземных условиях.

1.2 Функционально Система включает в себя следующие ИК:

- ИК температур газообразных и жидких сред;
- ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре);
- ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред;
- ИК давления атмосферного воздуха;
- ИК силы от тяги ГТД;
- ИК массового расхода топлива;
- ИК объемного расхода (прокачки) масла (гидросмеси);
- ИК частоты периодического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов;
- ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов;
- ИК переменного напряжения, соответствующее виброускорению корпусов ГТД.

1.3 Способы поверки

1.3.1 Настоящая МП устанавливает комплектный и поэлементный способы поверки ИК.

1.4 Нормирование метрологических характеристик

1.4.1 Номенклатура МХ ИК, определяемых по данной МП, установлена в соответствии с ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

1.4.2 Оценка и форма представления погрешностей – по МИ 1317-2004 «ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров».

1.4.3 Методы определения МХ ИК при поверке комплектным способом по ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

1.4.4 Количество КТ на ДИ – по МИ 2440-97 «ГСИ. Методы экспериментального определения и контроля характеристик погрешности измерительных каналов измерительных систем и измерительных комплексов».

1.5 АСУТП-И обеспечивает прослеживаемость к следующим Государственным первичным эталонам:

– ГЭТ 1-2022 ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

– ГЭТ 13-2023 ГПЭ единицы электрического напряжения в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;

– ГЭТ 23-2010 ГПЭ единицы давления-паскаля и ГЭТ 43-2022 ГПЭ единицы избыточного давления в диапазоне статического давления от 10 до 1600 МПа и в диапазоне импульсного давления от 1 до 1200 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне от 0,05 до 1 см² в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»;

– ГЭТ 32-2011 ГПЭ единицы силы в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.10.2019 г. № 2498 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы»;

– ГЭТ 34-2020 ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С и ГЭТ 35-2021 ГПЭ единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.11.2024 г. № 2712 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;

– ГЭТ 58-2018 ГПСЭ единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»;

– ГЭТ 63-2025 ГПСЭ единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости и ГЭТ 216-2018 ГПЭ единицы объема жидкости в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$ до $1,0 \text{ м}^3$ в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости»;

– ГЭТ 101-2025 ГПЭ единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-2} \div 1 \cdot 10^7 \text{ Па}$ в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.12.2025 г. № 2667 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления»;

– ГЭТ 27-2009 ГПСЭ единицы электрического напряжения – вольта – в диапазоне частот $3 \cdot 10^7 - 2 \cdot 10^9 \text{ Гц}$ и ГЭТ 89-2008 ГПСЭ единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот $10 \div 3 \cdot 10^7 \text{ Гц}$ в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 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 $2 \cdot 10^9 \text{ Гц}$ »;

– ГЭТ 4-91 ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А»;

– ГЭТ 14-2014 ГПЭ единицы электрического сопротивления в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;

– ГЭТ 25-79 ГПЭ единицы электрической емкости в соответствии с ГОСТ 8.371-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости».

1.6 Допускается возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов 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 АСУТП-И, приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
3 Определение метрологических характеристик ИК:	9.1	да	да
3.1 Определение погрешности ИК температур газообразных и жидких сред	9.2	да	да
3.2 Определение погрешностей ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре)	9.3	да	да
3.3 Определение погрешностей ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред	9.4	да	да
3.4 Определение погрешностей ИК давления атмосферного воздуха	9.5	да	да
3.5 Определение погрешности ИК силы от тяги ГТД	9.6	да	да
3.6 Определение погрешностей ИК массового расхода топлива	9.7	да	да
3.7 Определение погрешностей ИК объемного расхода (прокачки) масла (гидросмеси)	9.8	да	да
3.8 Определение погрешностей ИК частоты периодического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов	9.9	да	да
3.9 Определение погрешностей ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов	9.10	да	да
3.10 Определение погрешностей ИК переменного напряжения, соответствующего виброускорению корпусов ГТД	9.11	да	да
4 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	10	да	да
5 Оформление результатов поверки	11	да	да
Примечание – При проведении поверки в ограниченном объеме перечень проверяемых ИК может быть сокращен на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку			

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в рабочих условиях эксплуатации АСУТП-И.

3.2 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

Рабочие условия в помещении пультовой:

- | | |
|---|---------------|
| - температура воздуха в нормальных условиях, °С | от +15 до +25 |
| - относительная влажность воздуха без образования конденсата, % | от 5 до 98 |
| - атмосферное давление, кПа | от 84 до 106 |

Рабочие условия в испытательном боксе:

- | | |
|---|---------------|
| - температура окружающего воздуха в рабочих условиях, °С | от -40 до +60 |
| - относительная влажность воздуха без образования конденсата, % | от 5 до 98 |
| - атмосферное давление, кПа | от 84 до 106 |

Параметры электрического питания:

- | | |
|----------------------------------|---------------|
| - напряжение переменного тока, В | от 198 до 242 |
| - частота переменного тока, Гц | от 49 до 51 |

3.3 При выполнении поверок ИК АСУТП-И условия окружающей среды для средств поверки должны соответствовать требованиям, указанным в руководствах на их эксплуатацию и требованиям, установленным ГОСТ 8.395-80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования».

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка системы АСУТП-И должна проводиться юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, аккредитованными на право оказания услуг в области обеспечения единства измерения, в установленном действующим законодательством порядке.

4.2 К проведению работ по поверке Системы допускаются лица, имеющие высшее, среднее профессиональное или дополнительное профессиональное образование, или прошедшие профессиональную переподготовку по специальностям (направлениям подготовки), содержащим в наименовании указание на метрологию и (или) стандартизацию, независимо от конкретной области аккредитации в сфере обеспечения единства измерений с опытом работы в соответствующем направлении не менее трёх лет.

4.3 Также к проведению работ по поверке Системы допускаются лица, имеющие высшее, среднее профессиональное или дополнительное профессиональное образование по специальностям, не содержащим в наименовании указание на метрологию, но прошедшие курсы повышения квалификации по профилю, соответствующему области аккредитации.

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
1	2	3
Основные средства поверки		
9.2	Средство поверки, соответствующее 4 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» в диапазоне от 80 до 200 Ом	Калибратор давления DPI 620, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 16347-09
9.3	Средство поверки, соответствующее 3 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от 0 до 55 мВ	Калибратор давления DPI 620, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 16347-09
9.4 (поэлементная поверка)	Средство поверки, соответствующее 2 разряду ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2023 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 давления DPI 620, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 16347-09
9.4 (комплектная поверка)	Средство поверки, соответствующее 4 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа» в диапазоне от 0 до 25,5 МПа	Калибратор давления DPI 620, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 16347-09
9.5	Поверяются автономно в соответствии с документом МИ 2699-2001 «ГСИ. Барометры вибрационные частотные. Методика поверки»	

9.6	Средство поверки, соответствующее 2 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.10.2019 г. № 2498 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы» в диапазоне от 0 до 30 кН	Динамометр электронный универсальный ТМУ-30/0,5, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 53968-13
9.7	Поверяется автономно в соответствии с документом МП 208-061-2023 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые Кориолисовые «ЭМИС-МАСС 260. Методика поверки»	
9.8; 9.9	Средство поверки, соответствующее 5 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты» в диапазоне от 60 Гц до 20 кГц	Генератор сигналов низкой частоты ГЗ-122, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 10237-85
9.10 (поэлементная поверка)	Средство поверки, соответствующее 2 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» в диапазоне от 0 до 100 мм/с; Средство поверки, соответствующее 3 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 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» в диапазоне от 0 до 10 В; Средство поверки, соответствующее 3 разряду по ГПС, утвержденной ГОСТ 8.371-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости» с номинальной емкостью 1000 пФ; Средство поверки, соответствующее 5 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68875-17; Генератор сигналов прецизионный 1510А, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 55868-13; Мера емкости образцовая Р597/7, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 2684-70; Генератор сигналов низкой частоты ГЗ-122, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 10237-85

	средств измерений времени и частоты» в диапазоне от 60 Гц до 20 кГц	
9.10 (комплектная поверка)	Средство поверки, соответствующее 2 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» в диапазоне от 0 до 100 мм/с	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68875-17
9.11	Средство поверки, соответствующее 3 разряду по ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 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» в диапазоне амплитуд от 0 до 1 В	Генератор сигналов прецизионный 1510А, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 55868-13
Вспомогательные средства поверки		
9.2 – 9.10	Термогигрометр ИВА-6, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 46434-11	

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

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

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ IEC 61010-1-2014 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования» и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения приборов проводить только при отключенном напряжении питания системы.

6.2 Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

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

– помещение, где проводится поверка, должно быть оборудовано пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения;

– установку средств поверки производить с таким расчетом, чтобы был обеспечен удобный доступ к ним при проведении работ;

– подключение и отключение ПП давления от системы, передающей давление, должны производиться только при условии отсутствия в ней избыточного давления;

– запрещается задавать давление, превышающее значение верхнего предела, поверяемого ПП в соответствии с его техническими характеристиками;

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

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

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

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

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

8.1 Подготовка к поверке

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

8.1.1 Проверить техническое состояние и подготовить Систему к работе в соответствии с УВИК.424359.099 РЭ.

8.1.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 3.

8.1.3 При подготовке к поверке:

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

– технические средства если они находились в условиях отрицательных температур, либо повышенной влажности, выдержать не менее 8 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.

8.1.4 Перед началом поверки измерить и занести в протокол поверки условия проведения поверки (условия окружающей среды, параметры электрического питания).

8.2 Опробование и поверка программного обеспечения

8.2.1 Проверка идентификационных данных программного обеспечения.

8.2.1.1 Для проверки наименования и версии ПО необходимо выполнить следующие операции:

– запустить программу «RegulYeysk.project», двойным щелчком «мыши» на Рабочем столе операционной системы;

– нажать правую кнопку манипулятора «Мышь» на файл RegulYeysk.project, в открывшемся меню выбрать последовательно «7-Zip» -> «CRC SHA» -> «MD5» (рисунок 1). В открытом окне должна быть рассчитанная контрольная сумма в виде буквенно-цифрового кода d6075eb541aeefa9e52f27db46f85c6a (рисунок 2);

– включить питание REGUL R500 и запустить среду Astra.IDE 1.7.2.1;

– открыть выбранный файл проекта RegulYeysk.project затем нажать на клавиатуре «Alt+F8» и убедиться, что не откроется окно с сообщением «Приложение изменилось со времени последней загрузки» (рисунок 3);

– убедиться в соответствии данных характеристикам ПО, приведенным в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	Программа «Astra.IDE»
Идентификационное наименование ПО	RegulYeysk.project
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0
Цифровой идентификатор ПО	d6075eb541aeefa9e52f27db46f85c6a
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	MD5
Вспомогательное ПО	MasterSCADA 4D

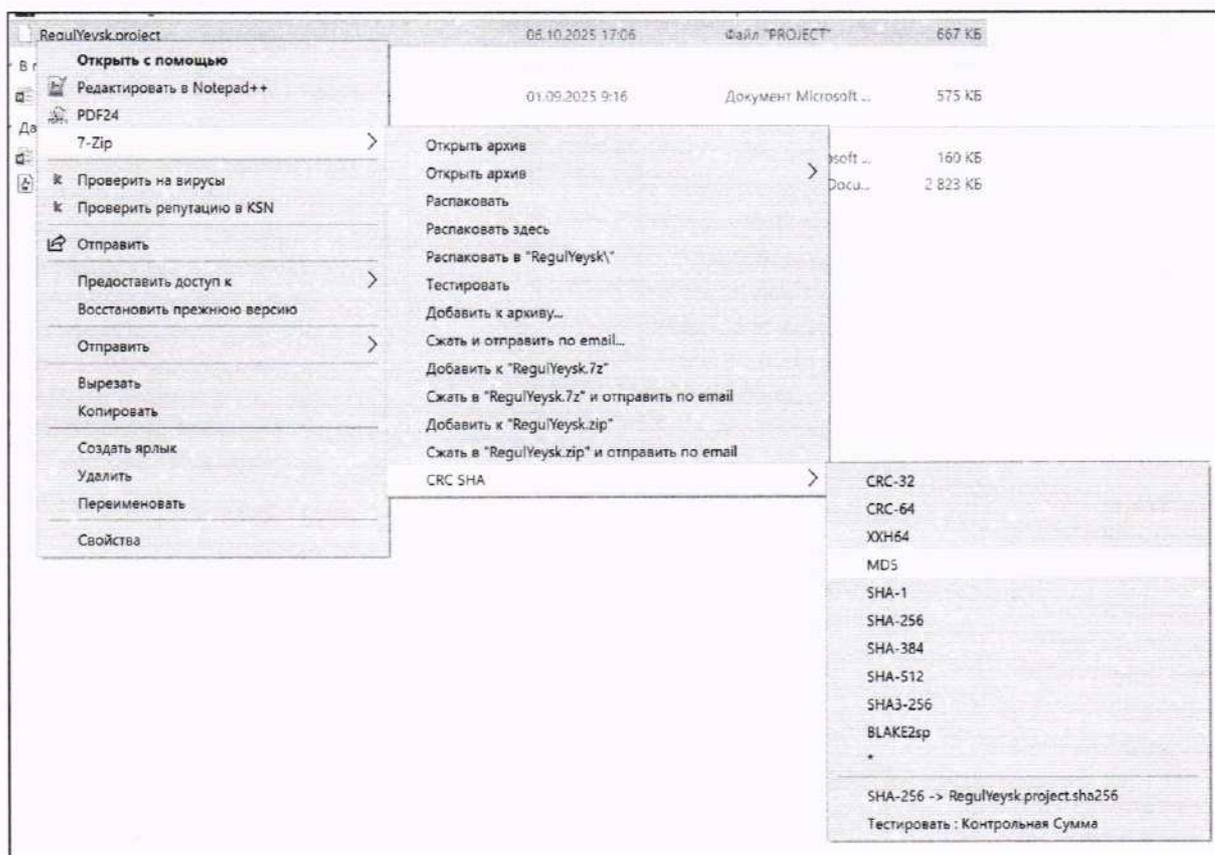


Рисунок 1 – Последовательность выбора в программе «RegulYeysk.project»

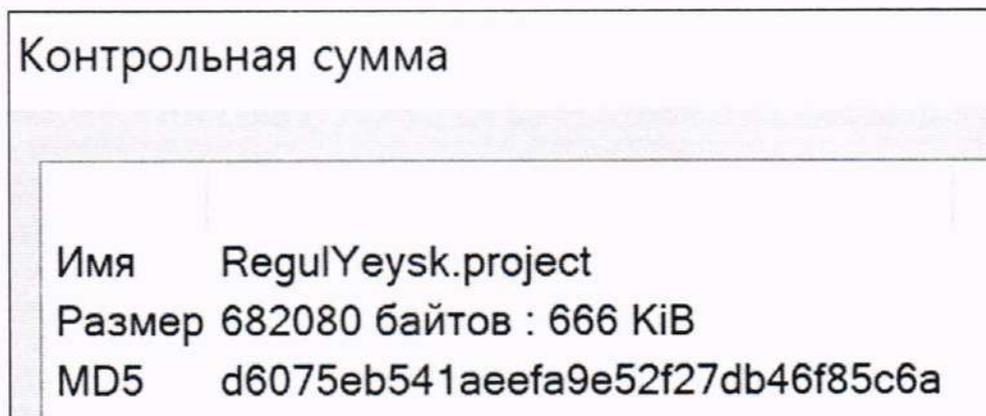


Рисунок 2 – Определение цифрового идентификатора ПО

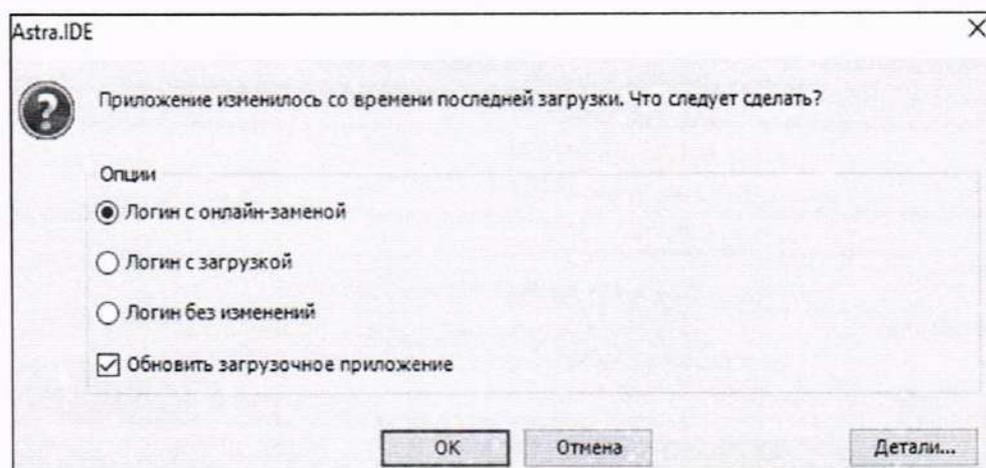


Рисунок 3 – запуск программы «Astra.IDE»

8.2.2 Опробование ИК АСУТП-И

8.2.2.1 Включить питание Системы и запустить ПО.

8.2.2.2 Для опробования выбранного ИК подать на его вход с помощью средств поверки значения сигналов, соответствующие нижнему и верхнему пределам измерений ИК (схемы поверки представлены в соответствующих разделах по определению метрологических характеристик ИК), наблюдая изменение показаний для выбранного ИК на экране монитора, убедиться в том, что они соответствуют ожидаемым значениям.

8.2.2.3 Результаты опробования считать удовлетворительными, если показания ИК изменяются при изменении сигнала на его входе и соответствуют ожидаемым значениям.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение метрологических характеристик ИК

9.1.1 Проверку проводить комплектным или поэлементным способом.

9.2 Определение погрешности ИК температур газообразных и жидких сред

Поверку каждого ИК поэлементным способом выполнять в 2 этапа:

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

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

9.2.1 Для контроля (оценки) ПП:

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

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

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

9.2.2.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 3, для чего на вход электрической части ИК вместо ПП подключить Калибратор давления DPI 620 в режиме воспроизведения сигналов от термопреобразователей сопротивления (НСХ – 100П по ГОСТ 6651-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний»).

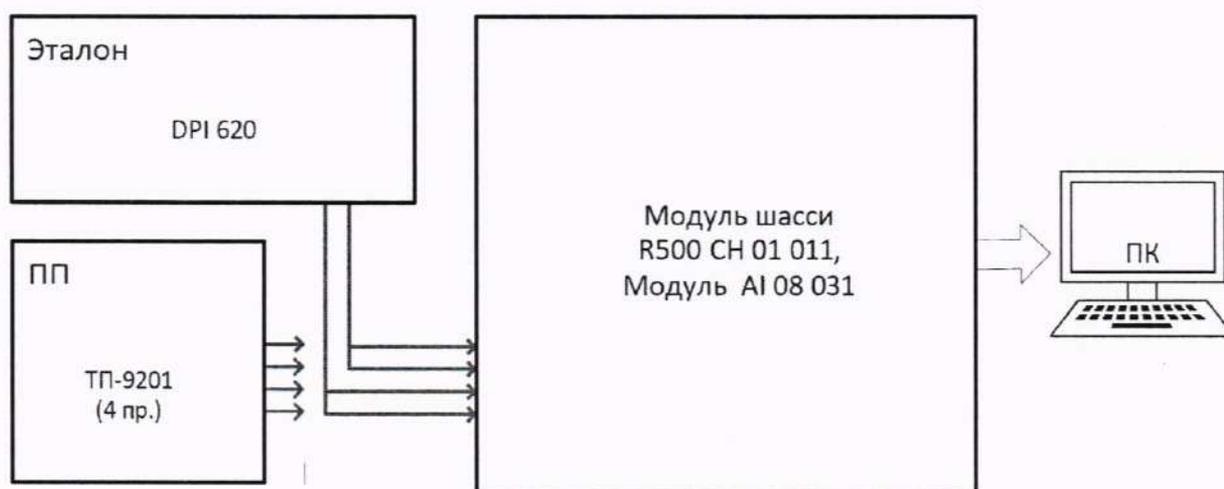


Рисунок 3 – Схемы поверки ИК температур газообразных и жидких сред поэлементным способом

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

9.2.2.3 Поочередно для всех номинальных значений температуры в КТ провести измерения, при этом сопротивление постоянному току, соответствующее температуре по НСХ – 100П по ГОСТ 6651-2009, устанавливать с помощью калибратора.

9.2.2.4 Определить погрешность электрической части ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

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

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

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

9.2.4 Выполнение п.п. 9.2.3.1 и 9.2.3.2 обеспечивает выполнение установленных требований к суммарной погрешности (приведенных в приложении А настоящего документа) для соответствующего ИК.

9.2.5 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.2.4, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.3 Определение погрешностей ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре)

Поверку каждого ИК выполнять комплектным способом:

9.3.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 4, для чего ко входу канала подключить Калибратор давления DPI 620 в режиме воспроизведения сигналов термоэлектрического преобразователя типа ТХА (К) по ГОСТ Р 8.585-2001 «ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования». Подключение проводить компенсационным проводом в режиме автоматической компенсации холодного спая, перед проведением измерений присоединенный к ИК включенный калибратор выдержать не менее 10 минут.

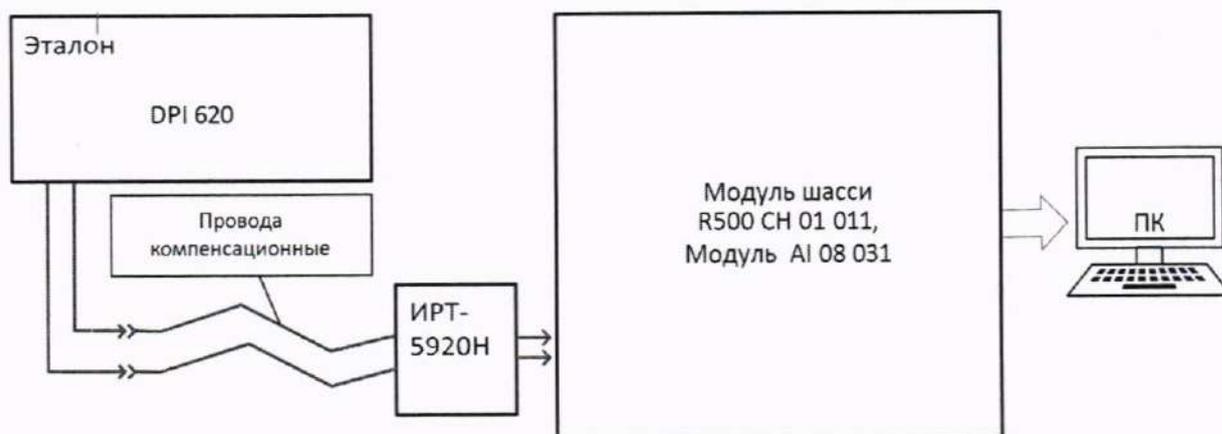


Рисунок 4 – Схема поверки ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре)

9.3.1.1 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК в соответствии с руководством по эксплуатации. При настройке в поле «Контрольные точки» установить не менее 5 значений температуры (соответствующей ТЭДС термопары типа ТХА), равномерно распределенных по диапазону ИК, включая верхнее и нижнее значения.

9.3.1.2 Поочередно для всех номинальных значений температуры в КТ провести измерения, при этом ТЭДС термопар, соответствующих температуре по НСХ – ТХА по ГОСТ Р 8.585-2001, устанавливать с помощью калибратора.

9.3.1.3 Определить погрешность ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.3.2 Результаты поверки ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре) считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.3.3 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.3.2, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.4 Определение погрешностей ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред

Поверку каждого ИК комплектным способом выполнять следующим образом:

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

9.4.2 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 5, для чего ко входу ПП (или магистрали давления) подключить Калибратор давления DPI 620.

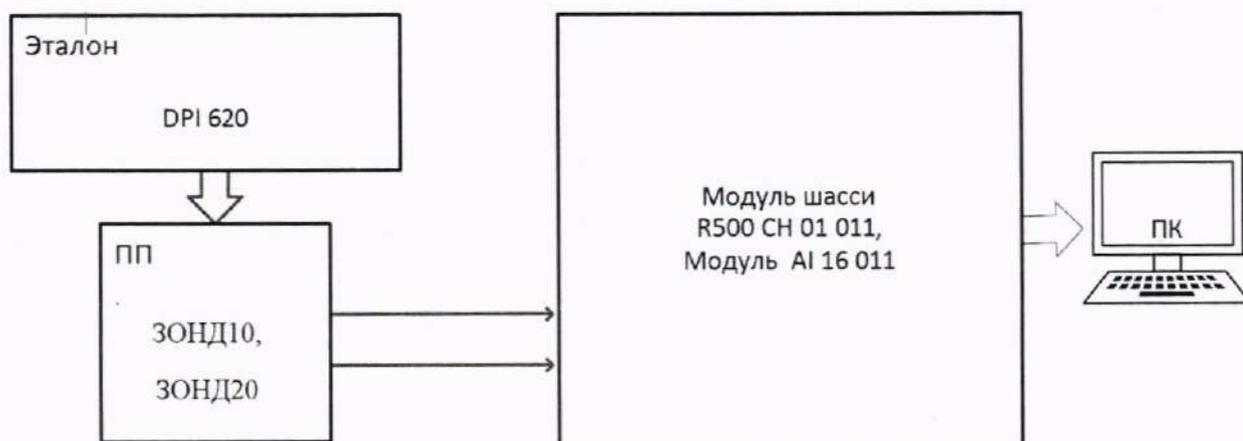


Рисунок 5 – Схема поверки ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред комплектным способом

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

Примечание – диапазон используемого эталона должен быть не меньше диапазона поверяемого ИК (при поверке ИК в полном объеме), а соотношение погрешности между эталоном и поверяемым ИК следует выбирать исходя из Государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2022 г. № 2653.

9.4.2.2 Поочередно для всех номинальных значений давлений в КТ провести измерения, давление на входе ИК устанавливать с помощью калибратора давления либо с помощью задатчика давления и используя образцовый манометр. Выполнить 3 цикла измерений

(количество циклов может быть скорректировано по результатам первичной и периодической проверок).

9.4.2.3 Определить погрешность ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.4.3 Результаты поверки ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред считать положительными если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.4.4 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.4.3, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

Поверку каждого ИК поэлементным способом выполнять в 2 этапа:

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

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

9.4.5 Для контроля (оценки) ПП:

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

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

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

9.4.6.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 6, для чего на вход электрической части ИК вместо преобразователя давления подключить Калибратор давления DPI 620 в режиме воспроизведения силы постоянного тока (от 4 до 20 мА).

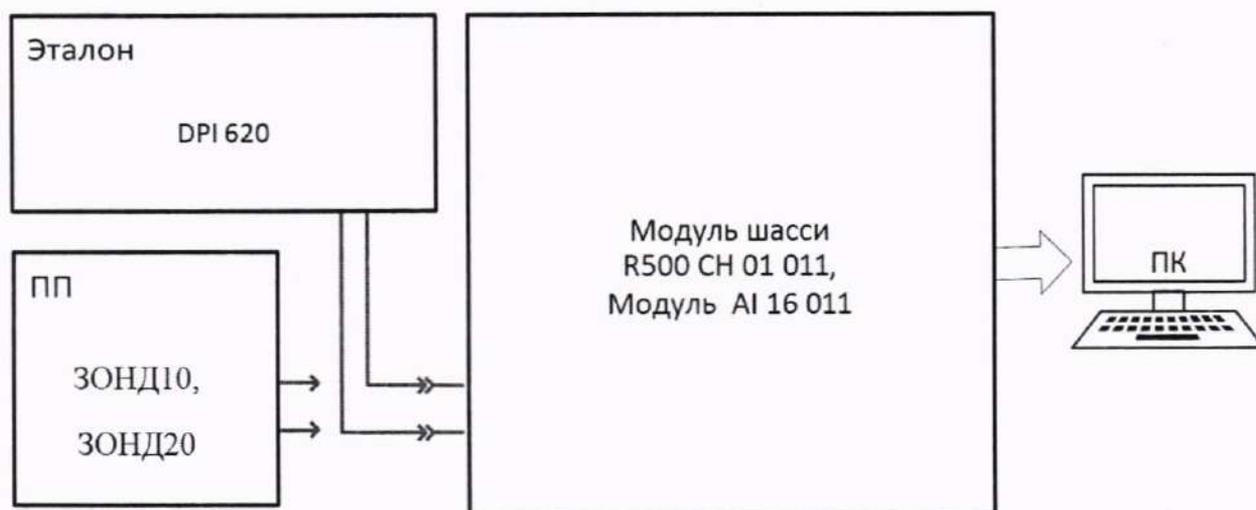


Рисунок 6 – Схема поверки ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред поэлементным способом

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

9.4.6.3 Поочередно для всех номинальных значений давлений в КТ ($P_{кт}$) провести измерения, при этом силу постоянного тока, соответствующую давлению на входе ИК в КТ ($I_{кт}$), устанавливать с помощью калибратора:

$$I_{кт} = 4 + 16 \cdot \left| \frac{P_{кт} - P_{нп}}{P_{нп} - P_{вп}} \right| [\text{мА}], \quad (9.1)$$

где $P_{нп}$ и $P_{вп}$ – давления, соответствующие нижнему и верхнему пределам измерения ИК.

9.4.6.4 Определить погрешность ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.4.7 Результаты поверки ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред считать положительными, если:

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

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

9.4.8 Выполнение п.п. 9.4.7.1 и 9.4.7.2 обеспечивает выполнение установленных требований к суммарной погрешности (приведенных в приложении А настоящего документа) для соответствующего ИК.

9.4.9 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.4.7, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.5 Определение погрешностей ИК давления атмосферного воздуха

9.5.1 ИК давления атмосферного воздуха представлены барометрами рабочими сетевыми БРС-1М (регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 16006-97), которые подключаются по цифровому интерфейсу и поверяются автономно в соответствии с документом МИ 2699-2001 «ГСИ. Барометры вибрационные частотные. Методика поверки».

9.5.2 Результаты поверки ИК давления атмосферного воздуха считать положительными, если барометр рабочий сетевой БРС-1М (для поверяемого ИК) имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ.

9.5.3 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.5.2, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.6 Определение погрешности ИК силы от тяги ГТД

Поверку ИК комплектным способом выполнять следующим образом:

9.6.1 Допускается проводить поверку ИК силы от тяги ГТД по документу ОСТ 1 02517-84 «Отраслевая система обеспечения измерений. Силоизмерительные системы испытательных стендов. Методика поверки».

9.6.2 Определение порога реагирования

9.6.2.1 Порог реагирования определяется при действии на ДМП сил, равных $0,1 R_{\max}$ и $1,0 R_{\max}$ ($R_{\max} = 29 \text{ кН}$ – максимальная сила, измеряемая ИК). Порядок выполнения операции: при приложении к ДМП при помощи устройства нагружения последовательно указанных сил положить на грузоприёмное устройство плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь, при котором показания ИК устойчиво увеличиваются. Снять дополнительные гири с грузоприёмного устройства и записать в протокол вес этих дополнительных гирь. Повторить эксперимент с наложением гирь еще четыре раза. Данные экспериментов занести в протокол.

Примечание – при периодической поверке допускается не проводить определение порога реагирования.

9.6.3 Определение случайной составляющей погрешности

9.6.3.1 Случайная составляющая основной погрешности определяется по результатам пятикратной поверки ИК с помощью СГУ, для чего выполнить следующие операции.

9.6.3.2 Нагрузить ИК его нагрузкой R_{max} и выдержать при этой нагрузке не менее 3 минут, плавно разгрузить. Нагрузить до R_{max} и без выдержки разгрузить.

9.6.3.3 Записать в протокол время начала поверки, температуру окружающего воздуха в боксе и показания ИК при нагрузке, соответствующей условному нулю.

9.6.3.4 Задать регулярную последовательность из одиннадцати контрольных значений силы (с шагом 4,9 кН (500 кгс)) от условного нуля (без нагрузки) до R_{max} (прямой ход) и от R_{max} до условного нуля (обратный ход) (с остановкой на каждой контрольной точке не менее чем на 15 секунд), произвести регистрацию показаний ИК и запись их в протокол.

9.6.3.5 Повторить работы по пункту 9.6.2.4 ещё четыре раза.

9.6.3.6 Снять напряжение питания с электрических устройств ИК и записать в протокол время окончания измерений и температуру в боксе.

Примечание – при поверке ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- Считывание и регистрацию показаний производить после их установления.

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

- Перерыв между следующими друг за другом однократными градуировками не должен превышать 10 минут.

9.6.4 Определение систематической составляющей погрешности

9.6.4.1 Систематическая составляющая основной погрешности ИК определяется путем пятикратного нагружения ИК с помощью эталонного динамометра по оси действия силы, для чего необходимо выполнить следующие операции.

9.6.4.2 Замкнуть силовую цепь эталонного динамометра в силовой цепочке нагружения.

9.6.4.3 Нагрузить ИК силой R_{max} и выдержать под нагрузкой не менее 3 минут.

9.6.4.4 Разгрузить ИК до нуля, разомкнуть силовую цепь эталонного динамометра и зарегистрировать нули динамометра и ИК.

9.6.4.5 Замкнуть силовую цепь эталонного динамометра и повторить операции по п.п. 9.6.3.3 и 9.6.3.4.

9.6.4.6 Сравнить нулевые показания эталонного динамометра и ИК, зарегистрированные при выполнении п.п. 9.6.3.3 и 9.6.3.4. Если они отличаются не более двух единиц наименьшего разряда, то можно приступить к градуировке ИК, в противном случае - повторить операции еще один или два раза.

9.6.4.7 Записать в протокол время начала поверки, температуру окружающего воздуха в боксе и показания ИК при нагрузке, соответствующей условному нулю ИК (при разомкнутой цепи эталонного динамометра).

9.6.4.8 Замкнуть силовую цепь эталонного динамометра и нагрузить ИК силой R_{max} .

9.6.4.9 Разгрузить ИК до нагрузки, равной (от 0,2 до 0,6) нагрузки, соответствующей первой контрольной точке.

9.6.4.10 Задавая последовательность контрольных значений силы от условного нуля до R_{max} , и останавливаясь на каждой контрольной точке не менее 10 секунд, произвести регистрацию показаний ИК.

9.6.4.11 Произвести плавную, со скоростью не более 3 % от R_{max} за 1 секунду, разгрузку ИК до (0,2...0,6) нагрузки, соответствующей первой контрольной точке.

9.6.4.12 Повторить работы по п.п. 9.6.3.10, 9.6.3.11 еще четыре раза.

9.6.4.13 Разомкнуть силовую цепь эталонного динамометра, зарегистрировать и записать в протокол нулевые показания ИК, время окончания поверки и температуру окружающего воздуха в боксе.

9.6.4.14 После предварительного анализа полученных результатов поверки ИК демонтировать эталонный динамометр.

Примечание – при поверке ИК с помощью эталонного динамометра необходимо соблюдать следующие правила:

- Эталонный динамометр должен быть выдержан в помещении, где производится поверка не менее 3 часов.

- Считывание и регистрацию показаний ИК производить по командам специалиста, работающего с эталонным динамометром.

- При осуществлении поверки не допускать перехода через принятые контрольные значения силы и возврата к ним с противоположной стороны хода поверки.

- Не допускать перерыва между следующими друг за другом однократными градуировками более 10 минут.

9.6.5 Определить погрешность ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.6.6 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности измерения силы от тяги ГТД находятся в пределах:

- в диапазоне от 0 до 14,7 кН (от 0 до 1500 кгс): $\pm 0,5\%$ от ВП;

- в диапазоне от 14,7 до 29 кН (от 1500 до 3000 кгс): $\pm 0,5\%$ от ИЗ.

9.6.7 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.6.5, ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.7 Определение погрешностей ИК массового расхода топлива

9.7.1 ИК массового расхода топлива представлены счетчиками-расходомерами массовыми Кориолисовыми ЭМИС-МАСС 260 (регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 42953-15), которые подключаются по цифровому интерфейсу и поверяются автономно в соответствии с документом МП 208-061-2023 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые Кориолисовые «ЭМИС-МАСС 260. Методика поверки».

9.7.2 Результаты поверки ИК массового расхода топлива считать положительными, если счетчик-расходомер массовый Кориолисовый ЭМИС-МАСС 260 (для поверяемого ИК) имеет действующее свидетельство о поверке и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ.

9.7.3 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.7.2, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.8 Определение погрешностей ИК объемного расхода (прокачки) масла (гидросмеси)

Поверку каждого ИК поэлементным способом выполнять в 2 этапа:

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

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

9.8.1 Для контроля (оценки) ПП:

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

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

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

9.8.2.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 7, для чего на вход электрической части ИК вместо ПП подключить генератор ГЗ-122.

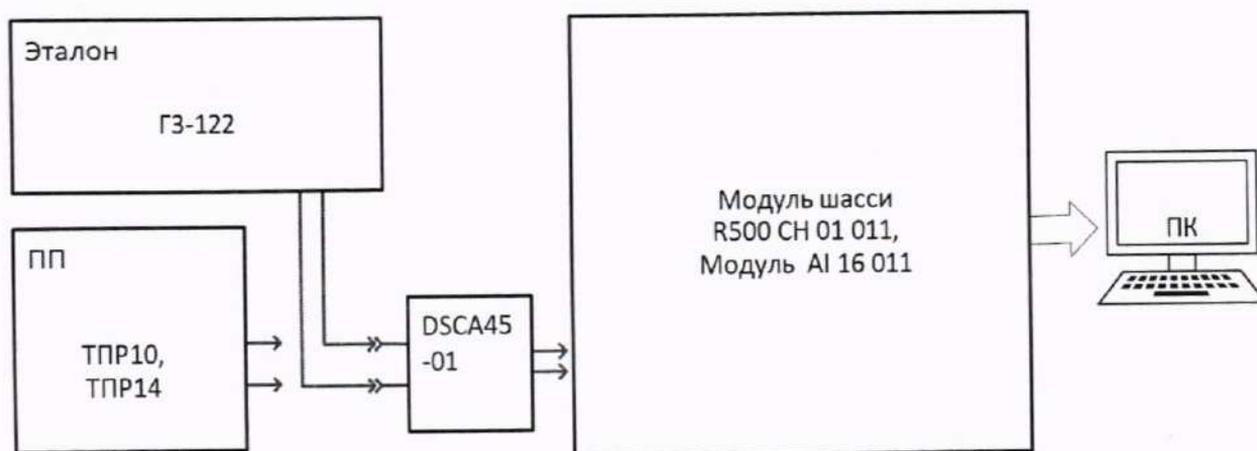


Рисунок 7 – Схема поверки ИК объемного расхода (прокачки) масла (гидросмеси)

9.8.2.2 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК в соответствии с руководством по эксплуатации. При настройке в поле «Контрольные точки» установить не менее 5 значений расхода, равномерно распределенных по диапазону ИК.

Примечание – значение объемного расхода и соответствующей ему частоты для КТ рекомендуется определять по индивидуальным градуировочным характеристикам – используя протоколы поверки ПП с проливкой на рабочей жидкости (масле).

9.8.2.3 Поочередно для всех номинальных значений объемного расхода (прокачки) провести измерения, при этом частоту электрического сигнала (амплитудой 25-65 мВ), соответствующую объёмному расходу, устанавливать с помощью генератора.

9.8.2.4 Определить погрешность электрической части ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.8.3 Результаты поверки ИК объемного расхода (прокачки) масла (гидросмеси) считать положительными, если:

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

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

9.8.4 Выполнение п.п. 9.8.3.1 и 9.8.3.2 обеспечивает выполнение установленных требований к суммарной погрешности (приведенных в приложении А настоящего документа) для соответствующего ИК.

9.8.5 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.8.3, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.9 Определение погрешностей ИК частоты периодического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов

Поверку каждого ИК выполнять следующим образом:

9.9.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 8, для чего на вход электрической части ИК вместо ПП подключить генератор ГЗ-122.

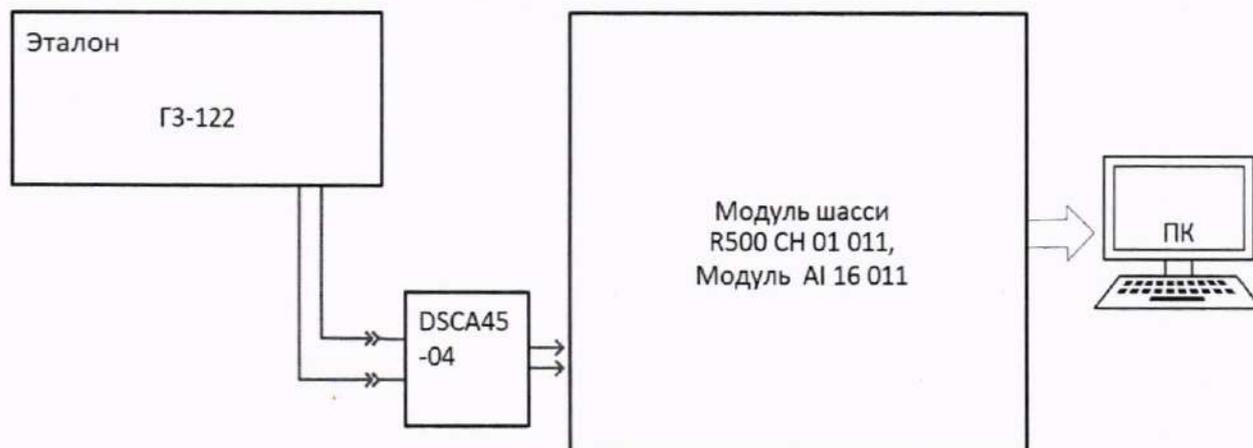


Рисунок 8 – Схема поверки ИК частоты периодического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов

9.9.1.1 Включить питание системы и загрузить операционную систему Windows. Запустить ПО и выполнить настройку для поверки соответствующих ИК в соответствии с руководством по эксплуатации. При настройке в поле «Контрольные точки» (далее – КТ) установить не менее 5 значений частоты периодического сигнала (или соответствующих им частот вращения роторов), равномерно распределенных по диапазону ИК.

9.9.1.2 Поочередно для всех номинальных значений частот провести измерения, при этом частоту периодического сигнала, соответствующую частоте вращения роторов, устанавливать с помощью генератора.

9.9.1.3 Определить погрешность ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.9.2 Результаты поверки ИК частоты периодического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов считать положительными, если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.9.3 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.9.2, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.10 Определение погрешностей ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов

Поверку каждого ИК комплектным способом выполнять следующим образом:

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

9.10.2 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 9, для чего установить ПП на вибростенд установки для поверки виброизмерительных преобразователей.

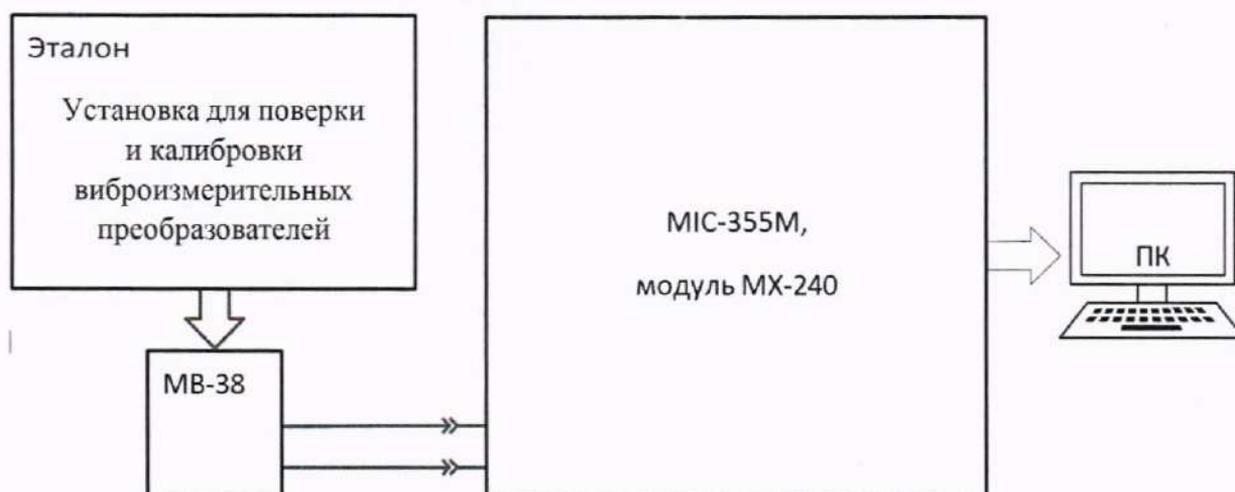


Рисунок 9 – Схема поверки ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов комплектным способом

9.10.2.1 Включить питание МІС-355М. Запустить ПО и выполнить его настройку для поверки ИК в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.10.2.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики: поочередно для всех номинальных значений виброскорости в КТ (не менее 5 значений, равномерно распределенных по диапазону ИК) провести измерения, при этом амплитуду виброскорости рекомендуется задавать с помощью установки для поверки виброизмерительных преобразователей на частоте 160 Гц. Зафиксировать максимальное значение отклонения амплитуды от заданной и определить $У_{АХ}$ – максимальное полученное значение нелинейности амплитудной характеристики по формуле 10.4.

9.10.2.3 Определение неравномерности частотной характеристики: используя ПО поочередно при амплитуде виброскорости 10 % от ВП ИК или более, на нескольких значениях частот (рекомендуется не менее 5 в пределах рабочего диапазона ИК) провести измерения. При этом номинальные значения виброскорости в КТ задавать с помощью вибростенда, при этом два значения частоты выбрать в начале диапазона ИК, и два – в конце диапазона (включая верхнее и нижнее значения), значения частот рекомендуется выбирать из ряда: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250 Гц. Зафиксировать максимальное значение отклонения амплитуды от заданной и определить $\delta_{ЧХ}$ – максимальное полученное значение нелинейности частотной характеристики по формуле 10.2.

9.10.2.4 Определить суммарную погрешность ИК по формуле 10.24.

9.10.3 Результаты поверки ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов считать положительными, если суммарная погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.10.4 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.10.3, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

Поверку каждого ИК поэлементным способом выполнять в 2 этапа:

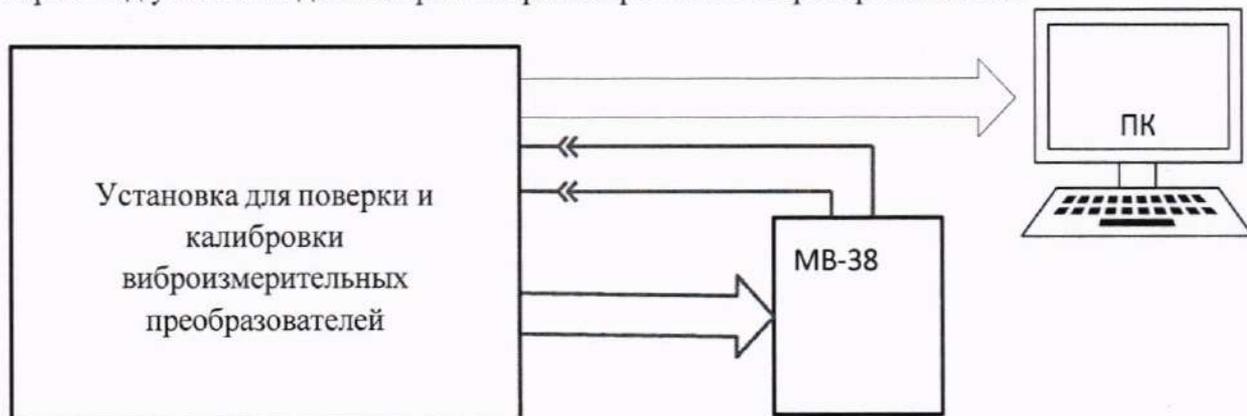
1 этап – определение МХ ПП;

2 этап – поверка электрической части ИК;

9.10.5 Для определения ПП:

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

9.10.5.2 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 10, для чего установить ПП на вибростенд установки для поверки виброизмерительных преобразователей.

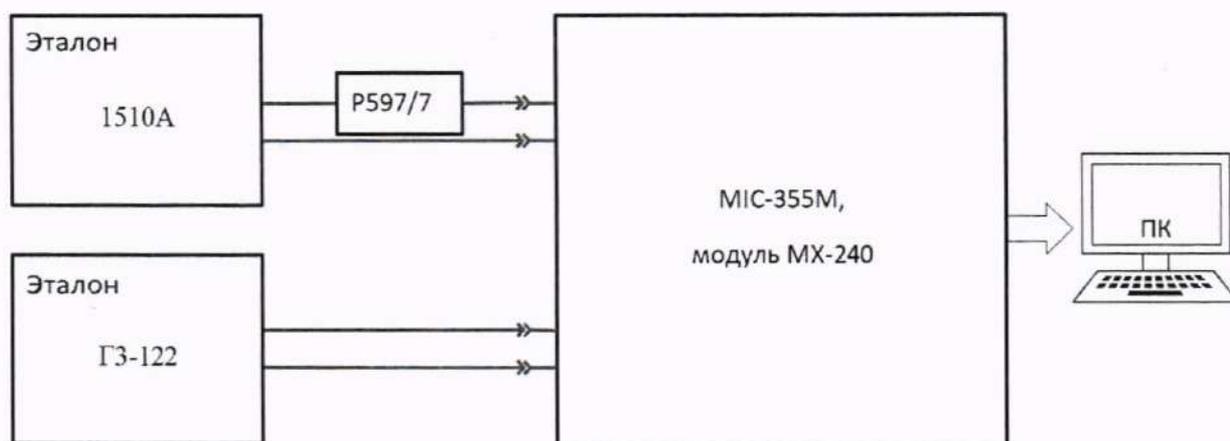


9.10.5.3 Определить действительное значение коэффициента преобразования, неравномерность частотной характеристики $\delta_{\text{ЧПП}}$, нелинейность амплитудной характеристики $\gamma_{\text{АХПП}}$ и частоту установочного резонанса. Определение характеристик проводить по процедурам ГОСТ ISO 16063-21-2013 «Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 21. Вибрационная калибровка сравнением с эталонным преобразователем».

9.10.5.4 Проверить в настройках ИК соответствие установленного коэффициента преобразования определенному выше. При отличии внести корректировки.

9.10.6 Поверку электрической части каждого ИК выполнить в указанной ниже последовательности.

9.10.6.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 11, для чего на вход электрической части ИК подключить генератор сигналов прецизионный 1510А, меру емкости образцовую Р597/7 и генератор сигналов низкой частоты ГЗ-122.



9.10.7 Включить питание МС-355М. Запустить ПО и выполнить его настройку для поверки ИК в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.10.7.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики: поочередно для всех номинальных значений виброскорости в КТ (не менее 5 значений, равномерно распределенных

по диапазону ИК – рекомендуемые значения и способы их расчета приведены в приложении Б настоящего документа) провести измерения, при этом величину заряда, соответствующего виброскорости, рекомендуется задавать с помощью средств поверки на частоте 160 Гц. Частоту периодического сигнала, соответствующую частоте вращения роторов, задавать с помощью генератора. Зафиксировать максимальное значение отклонения амплитуды от заданной и определить $\gamma_{АХ_{эч}}$ – максимальное полученное значение нелинейности амплитудной характеристики электрической части ИК по формуле 10.4.

9.10.7.2 Определение неравномерности частотной характеристики: используя ПО поочередно при амплитуде виброскорости 10 % от ВП ИК или более, на нескольких значениях частот (рекомендуется не менее 5 в пределах рабочего диапазона ИК – рекомендуемые значения и способы их расчета приведены в приложении Б настоящего документа) провести измерения. При этом величину заряда, соответствующую виброскорости, и частоту периодического сигнала, соответствующую частоте вращения ротора, задавать с помощью средств поверки на одной частоте. Зафиксировать максимальное значение отклонения амплитуды от заданной и определить $\delta_{ч_{эч}}$ – максимальное полученное значение нелинейности частотной характеристики электрической части ИК по формуле 10.2.

9.10.7.3 Определить суммарную погрешность ИК по формуле 10.23.

9.10.8 Результаты поверки ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов считать положительными, если суммарная погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа.

9.10.9 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.10.8, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

9.11 Определение погрешностей ИК переменного напряжения, соответствующего виброускорению корпусов ГТД

Поверку каждого ИК выполнять следующим образом:

9.11.1 Собрать схему поверки в соответствии с рисунком 12, для чего на вход электрической части ИК вместо ПП подключить генератор сигналов прецизионный 1510А.

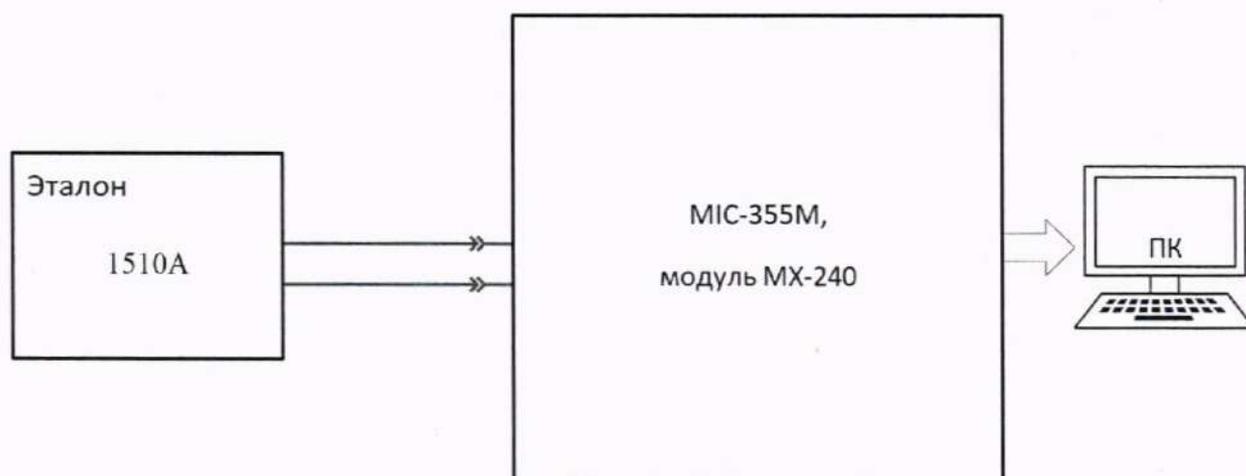


Рисунок 12 – Схема поверки ИК переменного напряжения, соответствующего виброускорению корпусов ГТД

9.11.1.1 Включить питание генератора сигналов прецизионного 1510А. Запустить ПО и выполнить его настройку для поверки ИК в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.11.1.2 Поочередно для всех номинальных значений переменного напряжения в КТ (не менее 5 значений, равномерно распределенных по диапазону ИК) провести измерения при частоте напряжения переменного тока 1 кГц.

9.11.1.3 Определить погрешность ИК в КТ в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

9.11.2 Результаты поверки ИК переменного напряжения, соответствующего виброускорению корпусов ГТД считать положительными, если погрешность ИК не превышает значений, приведенных в приложении А настоящего документа или при наличии действующего свидетельства о поверке на МПС-355М.

9.11.3 В случае невыполнения условий, указанных в п.9.11.2, соответствующий ИК бракуется до устранения несоответствий. После устранения несоответствий ИК подлежит внеочередной поверке в соответствии с данной МП.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

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

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

10.1 Обработка результатов измерений

10.1.1 Расчет абсолютной погрешности ИК

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

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

где A_j – измеренное значение физической величины в j -той точке;

$A_{jэ}$ – значение физической величины, установленное рабочим эталоном в j -той точке.

10.1.2 Определение относительной погрешности ИК

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

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

10.1.3 Расчет значения приведенной (к ДИ) погрешности ИК

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

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

где P_B – значение верхнего предела измерений;

P_H – значение нижнего предела измерений.

10.1.4 Расчет значения приведенной (к ВП) погрешности ИК

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

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

10.1.5 Расчет значения максимальной суммарной с ПП погрешности ИК

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

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

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

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

При комплектной поверке ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред обработку следует выполнять следующим образом:

10.1.6 Определить абсолютную составляющую систематической погрешности измерения давления:

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

где $P_{k(\text{прям})}$ – среднее (по всем циклам, если делалось больше 1) измеренное давление на k -ой ступени нагружения прямого хода;

$P_{k(\text{обр})}$ – то же самое для обратного хода нагружения.

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

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

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

Предел абсолютной погрешности ИК избыточного давления:

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

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

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

Обработка результатов измерений ИК силы от тяги ГТД

10.1.10 Определение порога реагирования

Порог реагирования ИК:

$$r = J \cdot q_{\text{ср}}, \quad (10.10)$$

где J – передаточное отношение;

$q_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение масс дополнительных гирь, положенных на грузоприемное устройство рычага.

Порог реагирования ИК не должен превышать $0,02\% \times R_{\text{max}}$.

10.1.11 Определение случайной составляющей основной погрешности

10.1.11.1 Среднее арифметическое значение показаний в k -й контрольной точке:

$$\bar{X}_k = \frac{\bar{X}'_k + \bar{X}''_k}{2}, \quad (10.11)$$

где $\bar{X}'_k = \frac{1}{n'} \cdot \sum_{i=1}^{n'} X'_{i,k}$, $\bar{X}''_k = \frac{1}{n''} \cdot \sum_{i=1}^{n''} X''_{i,k}$ – средние арифметические значения показаний для

прямого и обратного ходов на k -й ступени нагружения;

n' , n'' – число единичных отсчетов в k -м ряду измерений при нагружении и разгрузке соответственно;

$X'_{i,k}$, $X''_{i,k}$ – единичные отсчеты в k -м ряду измерений при нагружении и разгрузке соответственно.

10.1.11.2 Оценка среднего квадратического отклонения случайной составляющей основной погрешности

Оценка СКО случайной составляющей основной абсолютной погрешности в k -й контрольной точке:

$$\sigma_{ок} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n'} (X'_{i,k} - \bar{X}'_k)^2 + \sum_{i=1}^{n''} (X''_{i,k} - \bar{X}''_k)^2}{n-1} \right]^{0,5}, \quad (10.12)$$

где $n = n' + n''$.

Произвести «отбраковку» аномальных результатов измерений в соответствии с критерием Граббса, изложенном в ГОСТ Р ИСО 5725-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Части 1-6».

Повторно вычислить средние арифметические значения указанных параметров с учетом отбракованных результатов измерений.

10.1.11.3 Оценка СКО случайной составляющей абсолютной погрешности от гистерезиса

СКО случайной составляющей абсолютной погрешности ИК от гистерезиса в k -й контрольной точке:

$$\sigma_{г,k} = \frac{\bar{X}''_k - \bar{X}'_k}{2\sqrt{3}} \quad (10.13)$$

10.1.11.4 Оценка случайной составляющей основной абсолютной погрешности

Оценка случайной составляющей основной абсолютной погрешности ИК в k -й контрольной точке:

$$\tilde{\Delta}_{ор,k} = t_{\alpha} \cdot [\sigma_{о,k}^2 + \sigma_{г,k}^2]^{0,5}, \quad (10.14)$$

где t_{α} – коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности P и числа измерений n .

10.1.11.5 Оценка случайной составляющей относительной погрешности ИК

Оценка случайной составляющей относительной погрешности ИК в k -й контрольной точке (для диапазона нагрузок от 14,7 до 49 кН (от 1500 до 5000 кгс)):

$$\tilde{\delta}_{орk} = \frac{\tilde{\Delta}_{орk}}{R_k} \cdot 100\%, \quad (10.15)$$

где R_k – сила, действующая на ДМП в k -й контрольной точке.

10.1.11.6 Оценка случайной составляющей приведенной погрешности ИК

Оценка случайной составляющей приведенной погрешности ИК (для диапазона нагрузок от 0 до 14,7 кН (от 0 до 1500 кгс)):

$$\tilde{\gamma}_{opk} = \frac{\tilde{\Delta}_{opk}}{R_{1500}} \cdot 100\%, \quad (10.16)$$

где R_{1500} – сила, действующая на ДМП при нагрузке 14,7 кН (1500 кгс).

10.1.11.7 Результаты определения случайной составляющей погрешности записать в протокол.

10.1.12 Определение оценки систематической составляющей основной погрешности

10.1.12.1 Оценка систематической составляющей основной абсолютной погрешности ИК силы от тяги ГТД

Оценка систематической составляющей основной абсолютной погрешности ИК в k -й контрольной точке:

$$\tilde{\Delta}_{ospk} = R_{изм,k} - R_{дин,k}, \quad (10.17)$$

где $R_{изм,k}$ – сила, измеренная в k -й контрольной точке и приведенная к первой контрольной точке;

$R_{дин,k}$ – сила, воспроизводимая эталонным динамометром в k -й контрольной точке.

10.1.12.2 Оценка систематической составляющей относительной погрешности

Оценка систематической составляющей относительной погрешности ИК в k -й контрольной (для диапазона нагрузок от 14,7 до 29 кН (от 1500 до 3000 кгс)):

$$\tilde{\delta}_{ospk} = \frac{\tilde{\Delta}_{ospk}}{R_k} \cdot 100\% \quad (10.18)$$

10.1.12.3 Оценка систематической составляющей приведенной погрешности

Оценка систематической составляющей приведенной погрешности ИК (для диапазона нагрузок от 0 до 14,7 кН (от 0 до 1500 кгс)):

$$\tilde{\gamma}_{ospk} = \frac{\tilde{\Delta}_{ospk}}{R_{1500}} \cdot 100\%, \quad (10.19)$$

где R_{1500} – сила, действующая на ДМП при нагрузке 14,7 кН (1500 кгс).

10.1.12.4 Результаты определения систематической составляющей погрешности ИК записать в протокол.

10.1.13 Определение суммарной (основной) погрешности

10.1.13.1 Оценка суммарной абсолютной погрешности

Оценка суммарной абсолютной погрешности ИК силы от тяги ГТД в k -й контрольной точке:

$$\tilde{\Delta}_{ok} = \left| \tilde{\Delta}_{opk} \right| + \left| \tilde{\Delta}_{ospk} \right| \quad (10.20)$$

10.1.13.2 Оценка суммарной относительной погрешности

Оценка суммарной относительной погрешности ИК в k -й контрольной точке (для диапазона нагрузок от 14,7 до 49 кН (от 1500 до 5000 кгс)):

$$\tilde{\delta}_{ok} = \frac{\tilde{\Delta}_{ok}}{R_k} \cdot 100\% \quad (10.21)$$

10.1.13.3 Оценка суммарной приведенной погрешности

Оценка суммарной приведенной погрешности ИК (для диапазона нагрузок от 0 до 14,7 кН (от 0 до 1500 кгс)):

$$\tilde{\gamma}_{ok} = \frac{\tilde{\Delta}_{ok}}{R_{1500}} \cdot 100\%, \quad (10.22)$$

где R_{1500} – сила, действующая на ДМП при нагрузке 14,7 кН (1500 кгс).

При проверке ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов поэлементным способом обработку следует выполнять следующим образом:

10.1.14 Определение основной приведенной погрешности:

$$\gamma_{вип} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_0^2 + \gamma_{АХпп}^2 + \gamma_{АХэч}^2 + \delta_{чхпп}^2 + \delta_{чхэч}^2}, \quad (10.23)$$

где δ_0 – погрешность установки для проверки виброизмерительных преобразователей, %;

$\gamma_{АХпп}$ – максимальное полученное значение нелинейности амплитудной характеристики первичного преобразователя, %;

$\gamma_{АХэч}$ – максимальное полученное значение нелинейности амплитудной характеристики электрической части, %;

$\delta_{чхпп}$ – максимальное полученное значение нелинейности частотной характеристики первичного преобразователя, %;

$\delta_{чхэч}$ – максимальное полученное значение нелинейности частотной характеристики электрической части, %;

При проверке ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов комплектным способом обработку следует выполнять следующим образом:

10.1.15 Определение основной приведенной погрешности:

$$\gamma_{вип} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_0^2 + \gamma_{АХ}^2 + \delta_{чх}^2}, \quad (10.24)$$

где δ_0 – погрешность установки для проверки виброизмерительных преобразователей, %;

$\gamma_{АХ}$ – максимальное полученное значение нелинейности амплитудной характеристики, %;

$\delta_{чх}$ – максимальное полученное значение нелинейности частотной характеристики, %.

10.2 Критерии принятия решения по подтверждению соответствия системы метрологическим требованиям

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

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки передаются в ФИФ ОЕИ.

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

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

11.4 Требования по защите АСУТП-И от несанкционированного вмешательства, которое может повлечь изменение метрологических характеристик, обеспечиваются ограничением доступа к месту установки системы и запираанием ключом замка на двери шкафа системы сбора данных.

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

Заместитель начальника отдела

Начальник сектора

Б.И. Минеев

Р.Г. Павлов

М.В. Корнеев

Приложение А
(обязательное)

Метрологические характеристики АСУТП-И

Таблица А1 – Метрологические характеристики системы

Физические параметры (обозначение)	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности	
		Электрической части ИК (при поэлементной поверке)	Всего ИК (при комплектной поверке)
1	2	3	4
ИК температур газообразных и жидких сред			
Температура воздуха ($T_{в\text{ вх}}$)	от 223 до 323 К	$\delta: \pm 0,35 \% \text{ от ИЗ}$	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$
Температура воздуха ($T_{в\text{ втс}}$)	от 0 °С до 250 °С	$\Delta: \pm 0,45 \text{ °С}$ ($\gamma: \pm 0,18 \% \text{ от ВП}$)	$\Delta: \pm (0,6+0,002 \cdot t)$
Температура топлива ($T_{т\text{ вх}}$)	от -50 °С до +150 °С	$\Delta: \pm 0,45 \text{ °С}$ ($\gamma: \pm 0,35 \% \text{ от ВП}$)	$\Delta: \pm (0,6+0,002 \cdot t)$
Температура масла ($T_{м\text{ вых}}$)	от 0 °С до 150 °С	$\Delta: \pm 0,45 \text{ °С}$ ($\gamma: \pm 0,35 \% \text{ от ВП}$)	$\Delta: \pm (0,6+0,002 \cdot t)$
Температура масла ($T_{вх\text{ г/с}}, T_{нп\text{ вых}}$)	от 0 °С до 150 °С	$\Delta: \pm 0,45 \text{ °С}$ ($\gamma: \pm 0,35 \% \text{ от ВП}$)	$\Delta: \pm (0,6+0,002 \cdot t)$
Температура масла ($T_{нвд\text{ вых}}$)	от 0 °С до 150 °С	$\Delta: \pm 0,45 \text{ °С}$ ($\gamma: \pm 0,35 \% \text{ от ВП}$)	$\Delta: \pm (0,6+0,002 \cdot t)$
ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре)			
Напряжение постоянного тока, соответствующее среднему значению температуры газов за ТНД ($T_{тнд}$)	от 6,319 до 37,326 мВ (от 100 °С до 900 °С)	- (сквозная поверка)	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$
ИК избыточного давления и давления-разрежения газообразных и жидких сред			
Разрежение и избыточное давление воздуха ($P_{н}$)	от -29,42 до 0 кПа (от -0,3 до 0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,2 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$
Избыточное давление воздуха ($P_{квд}$)	от 0 до 1,96 МПа (от 0 до 20 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$
Избыточное давление воздуха ($P_{вх\text{ втс}}$)	от 0 до 0,784 МПа (от 0 до 8,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,15 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$
Избыточное давление воздуха ($P_{са\text{ втс}}$)	от 0 до 0,294 МПа (от 0 до 3,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$
Избыточное давление воздуха ($P_{в\text{ шпр}}$)	от 0 до 0,196 МПа (от 0 до 2,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,2 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$
Разрежение и избыточное давление масла ($P_{м\text{ шпр}}, P_{м\text{ кпр}}$)	от -19,6 до +19,6 кПа (от -0,2 до +0,2 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,25 \% \text{ от ВП}$	$\gamma: \pm 1,0 \% \text{ от ВП}$

Продолжение таблицы А1

Избыточное давление масла ($P_{м\text{вх}}$)	от 0 до 0,785 МПа (от 0 до 8,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,15\%$ от ВП	$\gamma: \pm 0,5\%$ от ВП
Избыточное давление масла ($P_{м\text{вых}}$)	от 0 до 0,196 МПа (от 0 до 2,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,2\%$ от ВП	$\gamma: \pm 1,0\%$ от ВП
Избыточное давление топлива ($P_{т\text{вх}}$)	от 0 до 0,392 МПа (от 0 до 4,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,1\%$ от ВП	$\gamma: \pm 0,5\%$ от ВП
Избыточное давление топлива ($P_{т\text{рф}}$)	от 0 до 9,81 МПа (от 0 до 100 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,25\%$ от ВП	$\gamma: \pm 1,0\%$ от ВП
Избыточное давление масла ($P_{нп\text{сл}}$)	от 0 до 0,981 МПа (от 0 до 10 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,25\%$ от ВП	$\gamma: \pm 1,0\%$ от ВП
Избыточное давление масла ($P_{т/с}$)	от 0 до 0,588 МПа (от 0 до 6,0 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,25\%$ от ВП	$\gamma: \pm 1,0\%$ от ВП
Избыточное давление масла ($P_{нп\text{вых}}$)	от 0 до 25,5 МПа (от 0 до 260 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,25\%$ от ВП	$\gamma: \pm 1,0\%$ от ВП
Избыточное давление масла ($P_{нвд\text{вых}}$)	от 0 до 5,88 МПа (от 0 до 60 кгс/см ²)	$\gamma: \pm 0,25\%$ от ВП	$\gamma: \pm 1,0\%$ от ВП
ИК давления атмосферного воздуха			
Давление атмосферного воздуха (барометрическое) (P_0)	от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт. ст.)	- (подключение по цифровому интерфейсу)	$\Delta: \pm 67$ Па ($\Delta: \pm 0,5$ мм рт. ст.)
Давление воздуха на входе в двигатель ($P_{вх}$)	от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт. ст.)	- (подключение по цифровому интерфейсу)	$\Delta: \pm 67$ Па ($\Delta: \pm 0,5$ мм рт. ст.)
ИК силы от тяги ГТД			
Сила от тяги ГТД ($R_{дв}$)	от 0 до 14,7 кН включ. (от 0 до 1500 кгс включ.)	- (сквозная поверка)	$\gamma: \pm 0,5\%$ от ВП
	св. 14,7 до 29 кН (св. 1500 до 3000 кгс)		$\delta: \pm 0,5\%$ от ИЗ
ИК массового расхода топлива			
Расход топлива (керосин) (G_T)	от 100 до 3000 кг/ч	- (подключение по цифровому интерфейсу)	$\delta: \pm 0,7\%$ от ИЗ

Окончание таблицы А1

ИК объемного расхода (прокачки) масла (гидросмеси)			
Расход (прокачка) рабочей жидкости (масло) (D_m)	от 10 до 26 л/мин	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$	$\delta: \pm 3,0 \% \text{ от ИЗ}$
Расход (прокачка) рабочей жидкости (масло) (D_{np})	от 24 до 240 л/мин	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$	$\delta: \pm 3,0 \% \text{ от ИЗ}$
ИК частоты периодического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов			
Частота периодического сигнала, соответствующая частоте вращения ротора КНД ($N_{нд}$)	от 210 до 4500 Гц (от 700 до 15000 об/мин)	- (сквозная поверка)	$\gamma: \pm 0,15 \% \text{ от ВП}$
Частота периодического сигнала, соответствующая частоте вращения ротора КВД ($N_{вд}$)	от 63 до 1265 Гц (от 1000 до 20000 об/мин)	- (сквозная поверка)	$\gamma: \pm 0,15 \% \text{ от ВП}$
ИК амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов			
Амплитуда виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов (X_{np}, Z_{np})	от 0 до 100 мм/с	- (сквозная поверка)	$\gamma: \pm 10,0 \% \text{ от ВП}$
ИК переменного напряжения, соответствующее виброускорению корпусов ГТД			
Напряжение переменного тока, соответствующее амплитудному значению виброускорения корпусов ГТД по первым гармоникам роторов (V_{np}, V_{zp})	от 0 до 1 В (от 0 до 28 г)	- (сквозная поверка)	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$
Примечания: 1 ВП – верхний предел измерения; 2 ИЗ – измеряемое значение; 3 ТНД – турбина низкого давления; 4 ТЭДС – термоэлектродвижущая сила; 5 ГТД – газотурбинный двигатель; 6 КНД – компрессор низкого давления; 7 КВД – компрессор высокого давления; 8 γ – приведенная погрешность, %; 9 δ – относительная погрешность, %; 10 Δ – абсолютная погрешность в единицах измеряемой величины; 11 $ t $ – абсолютное значение температуры, выраженное в °С, без учета знака.			

Приложение Б
(рекомендуемое)

Определение величины заряда, соответствующего виброскорости, и частоты периодического сигнала, соответствующей частоте вращения ротора. Рекомендуемые значения этих параметров для поверки ИК виброскорости.

1. Частоту периодического сигнала, соответствующую частоте вращения ротора, рассчитывать по формуле:

$$f = \frac{N}{60} \cdot Z, \quad (\text{Б1})$$

где N – частота вращения ротора [об/мин],

Z – безразмерный коэффициент, зависящий от типа используемого датчика (для КВД, $Z = 3.795$; для КСД, $Z = 18$).

2. Величину электрического заряда (выраженную в пКл), соответствующую виброскорости, рассчитывать по формуле:

$$Q = \frac{V \cdot 2\pi \cdot f \cdot k}{1000}, \quad (\text{Б2})$$

где V – значение виброскорости в контрольной точке, выраженное в мм/с;

f – частота периодического сигнала, соответствующая частоте вращения ротора;

k – действительное значение коэффициента преобразования вибрации, выраженное в пКл/[м/с²].

3. Напряжение переменного тока (действующее значение, выраженное в [В]) на средстве поверки при использовании рекомендуемой меры емкости 1000 пФ определить по формуле:

$$U = Q/1000, \quad (\text{Б3})$$

4. Рекомендуемые значения параметров ИК при поверке амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов приведены в таблице Б1 (рассчитаны для значения коэффициента преобразования вибрации $k=2$).

Таблица Б1 – Рекомендуемые значения параметров ИК при поверке амплитуды виброскорости корпусов ГТД по первым гармоникам роторов

	Амплитудная характеристика					
V , мм/с	0	20	40	60	80	100
f , Гц	160					
Q , пКл	0	40,212	80,425	120,64	160,85	201,06
	Частотная характеристика					
f , Гц	63	315	630	800	1000	1265
N (квд), об/мин	996,0	4980,2	9960,5	12648,2	15810,3	20000,0
V , мм/с	60					
Q , пКл	47,501	237,50	475,01	603,19	753,98	953,79