

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы (ФГБУ «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО

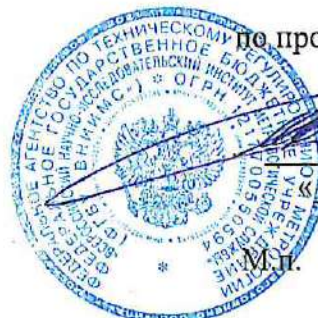
Заместитель директора

по производственной метрологии

ФГБУ «ВНИИМС»

А.Е. Коломин

21 » июня 2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Система автоматизированная информационно-измерительная ИС-15-1

Методика поверки

МП 201/2-021-2024

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на систему автоматизированную информационно-измерительную ИС-15-1 (далее – система) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Система предназначена для измерений основных параметров при стендовых испытаниях газотурбинных двигателей: силы от тяги, частоты вращения роторов, массового расхода топлива, температуры составных частей оборудования, газовых сред и технологических жидкостей, давления газовых сред и технологических жидкостей, напряжения постоянного тока и силы постоянного тока.

Производство единичное, зав. № 1.

Первичная поверка проводится до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта.

Периодическая поверка проводится в процессе эксплуатации и хранения.

ИК системы (кроме ИК силы от тяги двигателя, температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом, давления) подлежат поэлементной поверке.

ИК силы тяги от двигателя подлежит комплектной поверке.

ИК температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом, а также ИК давления подлежат либо поэлементной, либо комплектной поверке.

При поэлементной поверке ИК (кроме ИК температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом):

1) каждый ИК системы условно подразделяют на первичный измерительный преобразователь (ПИП), вторичную часть ИК (ВИК);

2) проверяют наличие действующих сведений о поверке в Федеральном информационном фонде обеспечения единства измерений на все ПИП, входящие в состав ИК;

3) проводят экспериментальную проверку погрешностей ВИК;

4) принимают решение о годности каждого отдельного ИК.

При поэлементной поверке ИК температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом:

1) каждый ИК системы условно подразделяют на первичный измерительный преобразователь (ПИП), вторичную часть ИК (ВИК);

2) ПИП отсоединяют от ВИК, извлекают из конструкции стенда и передают в лабораторию, где проводится экспериментальная проверка погрешности ПИП;

3) проводят экспериментальную проверку погрешностей ВИК;

4) принимают решение о годности каждого отдельного ИК.

Результаты проверки каждого ИК при поэлементной считаются положительными, если:

- ПИП имеют действующие сведения о поверке в Федеральном информационном фонде обеспечения единства измерений (п.10.1 настоящей методики);

- погрешность ВИК не превышает допускаемых значений в условиях поверки (п.10.2 настоящей методики).

При комплектной поверке проводят экспериментальные проверки погрешности ИК, согласно соответствующим пунктам данной методики, и принимают решение о годности каждого отдельного ИК.

Допускается проведение поверки для меньшего числа измерительных каналов (ИК) и/или на меньшем числе поддиапазонов соответствии с письменным заявлением владельца системы с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки в перечне поверенных ИК.

Система прослеживается к Государственным первичным эталонам, указанным в таблице 1.

Таблица 1 - Государственные первичные эталоны к которым прослеживается система

Номер по реестру	Наименование эталона	Приказ Росстандарта, утверждающий ГПС
ГЭТ 23-2010	ГПЭ единицы давления-паскаля	№ 2653 от 20.10.2022 г.
ГЭТ 4-91	ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока	№ 2091 от 01.10.2018 г.
ГЭТ 1-2022	ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени	№ 2360 от 26.09.2022 г.
ГЭТ 13-2023	ГПЭ единицы электрического напряжения	№ 1520 от 28.07.2023 г.
ГЭТ 32-2011	ГПЭ единицы силы	№ 2498 от 22.10.2019 г.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения	
		при первичной поверке	при периодической поверке
Подготовка к поверке и опробование	7	Да	Да
Внешний осмотр	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Проверка ПИП	10.1	Да	Да
Определение погрешности ИК силы от тяги двигателя и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.2	Да	Да
Определение погрешности каналов температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.3	Да	Да
Определение погрешности каналов измерения давления комплектным методом и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.4	Да	Да
Определение погрешности ВИК при преобразовании сигналов силы и напряжения постоянного тока, сигналов от термопар, частоты переменного тока в значения технологических параметров и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.5	Да	Да
Оформление результатов поверки	11	Да	Да

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Экспериментальные работы по определению метрологических характеристик средства измерений выполняют в нормальных условиях измерений соответствующих условиям эксплуатации системы:

- температура окружающей среды от +18 до +28 °С;
- относительная влажность до 95 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7.

3.2 Контроль климатических условий проводится непосредственно перед проведением экспериментальных работ и в процессе их выполнения. Заносят измеренные значения в протокол и проверяют их соответствие условиям, указанным в п.3.1. При обнаружении несоответствий дальнейшие работы приостанавливают до устранения причин, вызвавших несоответствия.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, приведённые в таблице 3.

Таблица 3

Номер пункта МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.2	Рабочий эталон единицы силы, 2-ого разряда согласно приказу Росстандарта от 22.10.2019 г. №2498	Динамометр эталонный ТМ, рег. № 53968-13
10.3	Термометр лабораторный - рабочий эталон единицы температуры в диапазоне от 0,3 до 273,16 К и в диапазоне от 0 до 3200 °С, 3-ого разряда согласно приказу Росстандарта от 02.02.2021 г. №65	Термометр лабораторный электронный ЛТА/Б-Э, рег. № 69551-17
10.4	Задатчик (калибратор) давления, обеспечивающий воспроизведение давления в диапазоне в рабочем диапазоне измерений ИК системы. Рабочий эталон единицы избыточного давления, 2-го разряда по приказу Росстандарта №2653 от 20.10.2022 г.	Калибратор многофункциональный DPI 620, рег. № 60401-15
10.5.1, 10.3	Рабочий эталон единицы постоянного тока, 2-ого разряда согласно приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. №2091 Рабочий эталон единицы напряжения постоянного тока, 3-го разряда согласно приказу Росстандарта № 1520 от 28.07.2023 г.	Калибратор многофункциональный MC5-R, рег. № 22237-02
10.5.2	Рабочий эталон частоты переменного тока, 5-го разряда согласно приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 г.	Генератор сигналов произвольной формы AFG3151C, рег. № 63658-16

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Вспомогательные средства поверки		
3.1	Средство измерений абсолютного давления, абсолютная погрешность не более ± 50 Па	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
3.1	Средство измерений температуры окружающего воздуха, погрешность не более $\pm 0,5$ °C	
3.1	Средство измерений относительной влажности окружающего воздуха, погрешность не более $\pm 3,5\%$	
10.2	Поверочное градуировочное устройство по ОСТ 1 02677-89	
	Стендовое градуировочное устройство по ОСТ 1 02677-89	
	Гири классов точности E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, M3 по ГОСТ OIML R 111-1-2009	
10.3	Термостат с диапазоном воспроизводимых температур от -60 до +20 °C, нестабильность поддержания заданной температуры $\pm(0,005+0,00005 \cdot t)$ °C, где t – значение заданной температуры	Термостат жидкостный прецизионный переливного типа модели ТПП-1.2, рег. № 33744-07
10.3	Термостат с диапазоном воспроизводимых температур от -40 до +100 °C, нестабильность поддержания заданной температуры $\pm(0,005+0,00005 \cdot t)$ °C, где t – значение заданной температуры	Термостат жидкостный прецизионный переливного типа модели ТПП-1.1, рег. № 33744-07
10.3	Термостат с диапазоном воспроизводимых температур от +100 до +300 °C, нестабильность поддержания заданной температуры $\pm 0,02$ °C,	Термостат жидкостной «ТЕРМОТЕСТ-300», рег. № 39300-08
10.4	Пресс гидравлический, диапазон создаваемых давлений от 0 до 60 МПа	Пресс гидравлический ручной «Элемер-PR-1200»

4.2 Допускается использовать иные средства поверки, не приведенные в таблице 2, при соблюдении следующих условий: погрешность средств поверки, используемых для экспериментальных проверок погрешности, не должна быть более $1/3$ предела контролируемого значения погрешности в условиях поверки;

4.3 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены и иметь действующие сведения о результатах поверки в ФИФ ОЕИ. Средства измерений, применяемые в качестве эталонов единиц величин, должны быть поверены в качестве эталонов единиц величин, иметь действующие сведения о результатах поверки в ФИФ ОЕИ и удовлетворять требованиям точности государственных поверочных схем.

4.4 Средства поверки должны быть внесены в рабочее помещение не менее чем за 12 часов до начала поверки.

5. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

5.1 Поверку должны выполнять специалисты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, изучившие эксплуатационную документацию для работы с системой и используемыми средствами поверки.

6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами техники безопасности, при эксплуатации

электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок». Должны быть соблюдены также требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на систему и применяемые средства поверки.

6.2 Средства поверки, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

7.1 Систему приводят в рабочее состояние в соответствии с руководством по эксплуатации. Средства поверки подготавливаются к проведению поверки в соответствии с указаниями эксплуатационной документации.

7.2 Система считается прошедшей опробование, если подтверждена работоспособность всех элементов системы в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на систему и компоненты.

8. ВНЕШНИЙ ОСМОТР

8.1 При проведении внешнего осмотра системы проверяют:

- отсутствие механических повреждений компонентов системы;
- отсутствие нарушений изоляции жгутов связи;
- отсутствие обугливания и следов разрушения и старения изоляции внешних токоведущих частей систем;
- отсутствие неудовлетворительного крепления разъемов;
- заземление электронных блоков систем;
- наличие заводского номера системы.

8.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если соблюдаются вышеупомянутые требования.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Сравнивают идентификационные данные программного обеспечения (ПО) с данными, указанными в описании типа.

9.2 Систему признают прошедшей идентификацию ПО, если полученные при проверке идентификационные данные соответствуют данным, указанным в описании типа.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка ПИП

10.1.1 Проверяют наличие действующих сведений о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений на ПИП (кроме ИК силы тяги и температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом).

10.1.2 При положительных результатах проверки ИК по пункту 10.1.1 переходят к экспериментальной проверке погрешности ВИК по п.10.5. Для ИК давления (перепада давления) при отрицательных результатах проверки ИК по пункту 10.1.1 проводят поверку комплексным методом по п.10.4.

10.2 Поверка модуля измерений силы от тяги двигателя и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.2.1 Опробование и подготовка к поверке

10.2.1.1 Подготовка к поверке модуля измерений силы (МИС) от тяги двигателя проводится в следующем порядке:

- проверить правильность функционирования МИС путём нагружения МИС при помощи комплекта градуировочных гирь и рычага несколькими (не менее 3-х) контрольными нагрузками в пределах её рабочего диапазона. Зарегистрировать показания МИС на контрольных нагрузках и условный ноль до нагружения и после разгрузки МИС;

- смонтировать эталонный динамометр в силовую цепочку нагружения вдоль оси двигателя в соответствии с требованиями ОСТ 1 02677-89. В силовую цепь вместо эталонного динамометра установить временно имитатор динамометра;

- обеспечить переговорную связь между оператором, обеспечивающим нагружение и оператором МИС;

- обеспечить напряжение питания МИС и эталонный динамометр.

10.2.1.2 Проверить правильность функционирования МИС путём его нагружения вдоль оси двигателя последовательно нагрузками 0,3; 0,5; 0,8 и 1,1 $R_{\max}$ с остановкой на каждой нагрузке и выдержкой от 2-х до 3-х минут. Осмотреть элементы силовой цепочки на предмет отсутствия механических повреждений и ослабления элементов крепления. При обнаружении неисправностей провести работы по их устранению.

10.2.1.3 После снятия нагрузки демонтировать имитатор динамометра и смонтировать вместо него эталонный динамометр. При этом один конец динамометра не соединять в силовую цепь нагружения.

10.2.2 Определение порога реагирования

Порог реагирования определяется при действии на динамометрическую платформу (ДМП) сил, равных 0,1 $R_{\max}$ и 1,0 $R_{\max}$ ($R_{\max}$ – верхняя граница диапазона измерений МИС).

Порядок выполнения операции: при приложении к ДМП при помощи рычага и гирь последовательно указанных сил положить на грузоприёмное устройство рычага плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь, при котором показания МИС устойчиво увеличиваются. Снять дополнительные гири с грузоподъемного устройства и записать в протокол вес этих дополнительных гирь. Повторить эксперимент с наложением гирь ещё 4 раза. Полученные результаты измерений занести в протокол поверки.

10.2.3 Определение случайной составляющей погрешности

Случайная составляющая основной погрешности определяется по результатам 5-кратной градуировки системы с помощью рычага и гирь, для чего выполняются операции по п.10.2.3.1- 10.2.3.4.

10.2.3.1 Подают напряжение питания на электрические устройства МИС. После прогрева МИС в соответствии с требованиями инструкции нагружают МИС при помощи рычага и гирь с нагрузкой $R_{\max}$ и выдерживают при этой нагрузке не менее 3-х минут. Нагружают МИС до $R_{\max}$ и без выдержки разгружают.

Записывают в протокол время начала градуировки, температуру окружающего воздуха в боксе и показания МИС при нагрузке, соответствующие условному нулю МИС.

10.2.3.2 Задают последовательность из 11-ти контрольных значений силы, равномерно распределенных по диапазоны измерений от условного нуля 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), результаты измерений МИС записывают в протокол поверки.

10.2.3.3 Повторяют процедуры по п.10.2.3.2 ещё четыре раза.

10.2.3.4 Снимают напряжения питания с электрических устройств МИС и записывают в протокол время окончания процедур градуировки и текущую температуру в боксе.

При градуировке МИС необходимо соблюдать следующие правила:

- считывание и регистрацию показаний МИС производится после их установления;
- при нагружении (разгрузке) МИС не допускается переход через значения контрольных точек градуировки и возврата к ним с противоположной стороны хода градуировки. В случае

такого перехода следует разгрузить (нагрузить) МИС до значения предыдущей контрольной точки, после чего нагрузить (разгрузить) МИС и выйти на необходимую контрольную точку;

- не допускается перерыв между следующими друг за другом однократными градуировками более 10 минут.

10.2.4 Определение систематической составляющей погрешности

Систематическая составляющая основной погрешности МИС определяется путем 5-кратного нагружения МИС с помощью рычага и гирь, для чего выполняются операции по п. 10.2.4.1-10.2.4.4.

10.2.4.1 Замыкают силовую цепь эталонного динамометра в силовой цепочке нагружения;

10.2.4.2 Нагружают МИС силой $R_{\max}$ и выдерживают под нагрузкой не менее 3-х минут;

10.2.4.3 Разгружают МИС до условного нуля, размыкают силовую цепь эталонного динамометра и регистрируют нули динамометра и показаний МИС;

10.2.4.4 Замыкают силовую цепь эталонного динамометра и повторяют операции по п.п. 10.2.4.2 и 10.2.4.3;

10.2.4.5 Сравнивают нулевые показания эталонного динамометра и МИС, зарегистрированные при выполнении операций по п.п. 10.2.4.2 и 10.2.4.3. Если они отличаются не более 2-х единиц наименьшего разряда, то приступают к градуировке МИС, в противном случае – повторяют операции по п.п. 10.2.4.2 и 10.2.4.3;

10.2.4.6 Заносят в протокол время начала градуировки, температуру окружающего воздуха в боксе и показания МИС при нагрузке, соответствующей условному нулю МИС (при разомкнутой цепи эталонного динамометра);

10.2.4.7 Замыкают силовую цепь эталонного динамометра и нагружают МИС силой $R_{\max}$;

10.2.4.8 Разгружают МИС до нагрузки, равной 0,2...0,6 нагрузки, соответствующей первой контрольной точке;

10.2.4.9 Задавая последовательность контрольных значений силы от условного нуля до $R_{\max}$, и останавливаясь на каждой контрольной точке не менее 10 секунд, произвести регистрацию показаний МИС;

10.2.4.10 Произвести плавную, со скоростью не более 3% от $R_{\max}$ за 1 секунду, разгрузку МИС до 0,2... 0,6 нагрузки, соответствующей первой контрольной точке;

10.2.4.11 Повторить операции по п.п. 10.2.4.9 и 10.2.4.10 ещё 4 раза;

10.2.4.12 Разомкнуть силовую цепь эталонного динамометра, снять и занести в протокол нулевые показания МИС, время окончания градуировки и температуру окружающего воздуха в боксе;

10.2.4.13 После предварительного анализа полученных результатов градуировки МИС демонтировать эталонный динамометр.

При градуировке МИС необходимо соблюдать следующие правила:

- эталонный динамометр должен быть выдержан в помещении, где проводится поверка, не менее 3-х часов перед началом проведения поверки;

- считывания и регистрацию показаний МИС производится по командам специалиста, работающего с эталонным динамометром;

- при выполнении градуировки не допускается переход через значения контрольных точек градуировки и возврата к ним с противоположной стороны хода градуировки. В случае такого перехода следует разгрузить (нагрузить) МИС до значения предыдущей контрольной точки, после чего нагрузить (разгрузить) МИС и выйти на необходимую контрольную точку;

- не допускается перерыв между следующими друг за другом однократными градуировками более 10 минут;

- за период выполнения градуировки температура в боксе не должна изменяться более, чем на ± 2 °С.

10.2.5 Определение суммарной погрешности

Определение суммарной погрешности производится расчетным путем по результатам 5-ти кратных градуировок МИС при помощи рычага, гири и эталонного динамометра.

10.2.6 Обработка результатов измерений и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.2.6.1 Обработка результатов определения порога реагирования

Порог реагирования силоизмерительной системы определяется по формуле:

$$r = J \cdot q_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где J – передаточное отношение;

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

Порог реагирования силоизмерительной системы не должен превышать 0,02% R_{max} .

10.2.6.2 Обработка результатов определения случайной составляющей основной погрешности

Среднее арифметическое значение МИС в k -ой контрольной точке определяется по формуле:

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

где $\bar{X}_k' = \frac{1}{n'} \cdot \sum_{i=1}^{n'} \bar{X}_{i,k}'$, $\bar{X}_k'' = \frac{1}{n''} \cdot \sum_{i=1}^{n''} \bar{X}_{i,k}''$ – средние арифметические значения показаний для прямого и обратного ходов на k -ой ступени нагружения;

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

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

10.2.6.3 Оценка среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной погрешности

Оценка СКО случайной составляющей основной абсолютной погрешности МИС в k -ой контрольной точке определяется по формуле

$$\sigma_{\text{ок}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n'} (\bar{X}_{i,k}' - \bar{X}_k') + \sum_{i=1}^{n''} (\bar{X}_{i,k}'' - \bar{X}_k'')}{n' + n'' - 1} \right]^{0,5}, \quad (3)$$

Произвести отбраковку аномальных результатов измерений в соответствии с критерием Граббса, изложенным в ГОСТ Р ИСО 5725-2002.

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

10.2.6.4 Оценка СКО случайной составляющей абсолютной погрешности от гистерезиса

СКО случайной составляющей абсолютной погрешности МИС от гистерезиса в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\sigma_{r,k} = \frac{\bar{X}_k'' - \bar{X}_k'}{2\sqrt{3}}, \quad (4)$$

10.2.6.5 Оценка случайной составляющей основной абсолютной погрешности

Оценка случайной составляющей основной абсолютной погрешности МИС в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\widetilde{\Delta \text{ор}}_k = \tau_{\alpha} [\sigma_{\text{ок}}^2 + \sigma_{r,k}^2]^{0,5}, \quad (5)$$

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

10.2.6.6 Оценка случайной составляющей основной относительной погрешности МИС

Оценка случайной составляющей основной относительной погрешности МИС в k-ой контрольной точке (для диапазона нагрузок от $0,5 \cdot R_{\max}$ до $1,0 \cdot R_{\max}$) производится по формуле:

$$\bar{\delta}_{орк} = \frac{\bar{\Delta op_k}}{R_k} \cdot 100\%, \quad (6)$$

Где R_k - сила, приложенная к ДМП в k-ой контрольной точке.

10.2.6.7 Оценка случайной составляющей основной погрешности МИС, приведенной к $0,5 \cdot R_{\max}$ (для диапазона нагрузок от 0 до $0,5 \cdot R_{\max}$) производится по формуле:

$$\tilde{\gamma}_{орк} = \frac{\bar{\Delta op_k}}{0,5 \cdot R_{\max}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

10.2.6.8 Результаты определения случайной составляющей погрешности МИС записывают в протокол поверки.

Результаты считаются положительными, если случайная составляющая погрешности МИС не превышает $\pm 0,2\%$ от R_k для каждой ступени нагружения в диапазоне измерений от $0,5 \cdot R_{\max}$ до $1,0 \cdot R_{\max}$ и $\pm 0,2\%$ от $0,5 \cdot R_{\max}$ для диапазона измерений от 0 до $0,5 \cdot R_{\max}$.

10.2.6.9 Определение оценки систематической составляющей основной погрешности МИС в k-ой контрольной точке производится по формуле:

$$\bar{\Delta osp_k} = R_{изм,k} - R_{дин,k}, \quad (8)$$

Где $R_{изм,k}$ - сила, измеренная МИС к k-й контрольной точке и приведенная к первой контрольной точке;

$R_{дин,k}$ - сила, воспроизводимая эталонным динамометром в k-й контрольной точке и приведенная к первой контрольной точке (с учетом температурной поправки динамометра).

10.2.6.10 Оценка систематической составляющей основной относительной погрешности МИС в k-й контрольной точке (для диапазона нагрузок от $0,5 \cdot R_{\max}$ до $1,0 \cdot R_{\max}$) производится по формуле:

$$\bar{\delta}_{оспк} = \frac{\bar{\Delta osp_k}}{R_k} \cdot 100\%, \quad (9)$$

10.2.6.11 Оценка систематической составляющей основной погрешности МИС, приведенной к $0,5 \cdot R_{\max}$ (для диапазона нагрузок от 0 до $0,5 \cdot R_{\max}$) производится по формуле:

$$\tilde{\gamma}_{оспк} = \frac{\bar{\Delta osp_k}}{0,5 \cdot R_{\max}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

10.2.6.12 Результаты определения систематической составляющей погрешности МИС записывают в протокол поверки.

Результаты считаются положительными, если систематическая составляющая погрешности МИС не превышает $\pm 0,2\%$ от R_k для каждой ступени нагружения в диапазоне измерений от $0,5 \cdot R_{\max}$ до $1,0 \cdot R_{\max}$ и $\pm 0,2\%$ от $0,5 \cdot R_{\max}$ для диапазона измерений от 0 до $0,5 \cdot R_{\max}$.

10.2.6.13 Оценка суммарной абсолютной погрешности МИС в k-й контрольной точке рассчитывается по формуле:

$$\bar{\Delta o_k} = |\bar{\Delta op_k}| + |\bar{\Delta osp_k}| \quad (11)$$

10.2.6.14 Оценка суммарной основной относительной погрешности МИС в k-й контрольной точке (для диапазона нагрузок от $0,5 \cdot R_{\max}$ до $1,0 \cdot R_{\max}$) производится по формуле:

$$\bar{\delta}_{ок} = \frac{\bar{\Delta o_k}}{R_k} \cdot 100\%, \quad (12)$$

10.2.6.15 Оценка суммарной основной погрешности МИС, приведенной к $0,5 \cdot R_{\max}$ (для диапазона нагрузок от 0 до $0,5 \cdot R_{\max}$) производится по формуле:

$$\tilde{\gamma}_{ок} = \frac{\bar{\Delta o_k}}{0,5 \cdot R_{\max}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

10.2.6.16 Результаты поверки считают положительными, если значение суммарной погрешности основной погрешности измерений силы от тяги двигателя, рассчитанные по формулам (12) и (13) для каждой ступени нагружения соответственно находятся в пределах: $\pm 0,3\%$ от измеренного значения в диапазоне $(0..0,5) R_{\max}$;

- $\pm 0,3 \%$ приведенной к $0,5 \cdot R_{\max}$ в диапазоне $(0,5..1,0) R_{\max}$.

В противном случае измерительный канал силы от тяги двигателя считается не прошедшим поверку.

10.3 Определение погрешности каналов измерения термодинамической температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.3.1. Определение погрешности первичного измерительного преобразователя ИК температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом.

Определение погрешности ПИП ИК температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом проводят в изложенной ниже последовательности:

- первичные преобразователи отключают от вторичной измерительной части ИК;

- для определения погрешности первичного преобразователя, в зависимости от диапазона воспроизводимой температуры помещают в термостат, предназначенный для воспроизведения необходимой температуры, первичный измерительный преобразователь и эталонный термометр. Выходные контакты первичного измерительного преобразователя подключают к входным клеммам калибратора многофункционального, работающего в режиме измерений сигналов от термопар типа ТХК(L);

- в термостатах последовательно воспроизводят контрольные точки: -40°C ; 0°C ; $+50^\circ\text{C}$; $+100^\circ\text{C}$; $+130^\circ\text{C}$, соответствующие 233,15; 273,15; 323,15; 373,15, 403,14 К для каждой контрольной точки способом сличения показаний эталонного калибратора с показаниями эталонного термометра определяют значение абсолютной погрешности термопары;

- после стабилизации температуры фиксируют показания калибратора многофункционального $T_{\text{ПИП}}$ и эталонного термометра $T_{\text{этал}}$.

Значения приведенной к диапазону измерений погрешности ПИП измерения температуры $\gamma_{\text{ПИП}}$ для поддиапазона измерений от 233,15 до 293,15 К определяют по формуле:

$$\gamma_{\text{ПИП}} = \frac{T_{\text{ПИП}} - T_{\text{этал}}}{293,15} \cdot 100 \quad (14)$$

где $T_{\text{ПИП}}$ - измеренное калибратором многофункциональным значение температуры, К;

$T_{\text{этал}}$ - измеренное эталонным термометром значение температуры, К.

Перевод измеренных значений из « $^\circ\text{C}$ » в «К» производят по формуле $T[\text{K}] = T[^\circ\text{C}] + 273,15$.

Значения относительной погрешности измерения ПИП температуры δ для поддиапазона измерений от 293,15 до 403,15 К определяют по формуле:

$$\delta_{\text{ПИП}} = \frac{T_{\text{ПИП}} - T_{\text{этал}}}{T_{\text{этал}}} \cdot 100 \quad (15)$$

где $T_{\text{ПИП}}$ - измеренное калибратором многофункциональным значение температуры, К;

$T_{\text{этал}}$ - измеренное эталонным термометром значение температуры, К.

Перевод измеренных значений из « $^\circ\text{C}$ » в «К» производят по формуле $T[\text{K}] = T[^\circ\text{C}] + 273,15$.

- на вход ВИК подают от калибратора значение напряжения $U_{\text{вх},i}$ постоянного тока соответствующее проверяемой точке T_i согласно ГОСТ Р 8.585-2001;

- считывают значение результата измерений $X_{\text{вых},i}$ ВИК в «К» на мониторе ПК;

Значения приведенной к диапазону измерений погрешности ВИК измерения температуры $\gamma_{\text{ВИК}}$ для поддиапазона измерений от 233,15 до 293,15 К определяют по формуле:

$$\gamma_{\text{ВИК}} = \frac{X_{\text{вых},i} - T_i}{D} \cdot 100 \quad (16)$$

где T_i - номинальное значение температуры, соответствующее заданному значению напряжения постоянного тока калибратором многофункциональным, К;

$X_{\text{вых},i}$ - считанное значение температуры на мониторе ПК, К;

D - диапазон измерений температуры, К.

- для каждой контрольной точки рассчитывают погрешность по формулам:
- для диапазона измерений от 233,15 до 293,15 К определяют значения приведенной к диапазону измерений погрешности ИК измерения температуры $\gamma_{ик}$ по формуле:

$$\gamma_{ик} = \gamma_{пип} + \gamma_{вик} \quad (17)$$

- для диапазона измерений от 293,15 до 403,15 К определяют значения относительной погрешности измерения ИК температуры $\delta_{ик}$ по формуле:

$$\delta_{ик} = \delta_{пип} + (\gamma_{вик} \cdot \frac{D}{X}) \quad (18)$$

где

Результаты поверки ИК термодинамической температуры воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом считаются положительными, если в контрольных точках рассчитанные значения погрешности ИК по формулам (17) и (18) не превышают пределов, указанных в таблице А.1 приложения А. В противном случае ИК считают не прошедшим поверку.

10.4. Определение метрологических характеристик ИК давления и перепада давлений при комплектной поверке и подтверждение соответствия метрологическим требованиям.

Экспериментальное определение МХ ИК давления и перепада давлений технологических жидкостей и газов комплектным методом проводят в изложенной ниже последовательности:

- к выходным штуцерам гидравлического пресса подключают калибратор давления и датчик давления выбранного ИК, предварительно отключив датчик от магистрали давления;
- определяют расположение измерительного индикатора выбранного канала на видеограмме на экране монитора рабочей станции оператора системы;
- с помощью гидравлического пресса на вход ИК подают значение давления в поверяемой точке диапазона ИК, контролируя по показаниям эталонного калибратора давления;
- поверку канала измерений проводят одним циклом, не менее чем в 5 контрольных точках, равномерно распределенных по диапазону измерений, повышая значения от нижнего предела измерений до верхнего предела измерений (только прямой ход);
- считывают значение измеренного параметра с экрана монитора рабочей станции оператора системы и с эталонного калибратора давления, затем осуществляют переход к следующей исследуемой точке диапазона измерений;
- основную приведенную погрешность измерения давления в каждой поверяемой точке вычисляют по формуле:

$$\gamma_P = \frac{(P_{сист} - P_{этал})}{D_P} \cdot 100\%, \quad (19)$$

где

D_P – диапазон измерений поверяемого измерительного канала;

$P_{сист}$ – измеренное системой значение давления в поверяемой точке;

$P_{этал}$ – измеренное эталонным калибратором значение давления в поверяемой точке.

- основную относительную погрешность измерения давления в каждой поверяемой точке вычисляют по формуле:

$$\delta_P = \frac{(P_{сист} - P_{этал})}{P_{этал}} \cdot 100\%, \quad (20)$$

где

$P_{сист}$ – измеренное системой значение давления в поверяемой точке;

$P_{этал}$ – измеренное эталонным калибратором значение давления в поверяемой точке.

ИК считают прошедшим поверку, если максимальное значение погрешности измерений избыточного давления и перепада давлений в рабочем диапазоне измерений для всех ИК

находится в допусковых пределах, приведенных в таблице А.1 приложения А, в противном случае ИК считают не прошедшим поверку.

10.5. Определение погрешности ВИК при преобразовании сигналов силы и напряжения постоянного тока, сигналов от термопар, частоты переменного тока в значения технологических параметров и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.5.1 Определение погрешностей ВИК при преобразовании сигналов силы и напряжения постоянного тока, сигналов от термопар в значения технологических параметров проводят в изложенной ниже последовательности:

- подключить эталонный калибратор к входным для данного ИК клеммам вторичной части системы, предварительно отключив ПИП (при наличии его в ИК);
- поверку канала измерений проводят одним циклом, не менее чем в 5 контрольных точках, равномерно распределенных по диапазону измерений, повышая значения от нижнего предела измерений до верхнего предела измерений (только прямой ход);
- на вход ВИК подают от калибратора значение сигнала силы $I_{вх.i}$ или напряжения $U_{вх.i}$ постоянного тока соответствующее проверяемой точке $X_{вх.i}$;
- считывают значение результата измерений $X_{вых.i}$ ВИК в единицах измеряемого параметра на мониторе ПК;
- рассчитывают значения приведенной погрешности γ_i :

$$\gamma_i = \frac{X_{вых.i} - X_{вх.i}}{X_{max}} \cdot 100\%, \quad (21)$$

где: X_{max} - максимальное значение диапазона измерения величины,

- заносят в протокол значения $I_{вх.i}/U_{вх.i}$, $X_{вых.i}$, $X_{вх.i}$, γ_i ;
- сопоставляют γ_i с пределами допускаемой погрешности ВИК $\gamma_{ВП}$, приведенных в таблице А.1 приложения А. Если для каждой проверяемой точки выполняется неравенство $\gamma_i \leq \gamma_{ВП}$, то ВИК считают прошедшим поверку.

10.5.2 Определение погрешностей ВИК при преобразовании сигналов частоты переменного тока в значения частоты вращения ротора проводят в изложенной ниже последовательности:

- подключить эталонный генератор сигналов к входным для данного ИК клеммам вторичной части системы;
- поверку канала измерений проводят одним циклом, не менее чем в 5 контрольных точках, равномерно распределенных по диапазону измерений, повышая значения от нижнего предела измерений до верхнего предела измерений (только прямой ход);
- на вход ВИК подают от генератора значение частоты переменного тока соответствующее проверяемой точке $X_{вх.i}$;
- считывают значение результата измерений $X_{вых.i}$ ВИК в единицах измеряемого физического параметра на мониторе ПК;
- рассчитывают значения относительной погрешности δ_i :

$$\delta_i = \frac{X_{вых.i} - X_{вх.i}}{X_{вх.i}} \cdot 100\%, \quad (22)$$

- заносят в протокол значения $X_{вых.i}$, $X_{вх.i}$, δ_i ;
- повторяют измерения для каждого X_i пять раз, определяют наибольшее значение относительной погрешности δ_i ;
- сопоставляют δ_i с пределами допускаемой погрешности ВИК δ , приведенных в таблице А.1 приложения А. Если для каждой проверяемой точки выполняется неравенство $\delta_i \leq \delta$, то ИК считают прошедшим поверку.

11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 При положительных результатах поверки система признается годным к эксплуатации, оформляются результаты поверки согласно Приказу № 2510 от 31.07.2020 г. Минпромторга России. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

11.2 При отрицательных результатах поверки система признается непригодной к эксплуатации, оформляются результаты поверки согласно Приказу № 2510 от 31.07.2020 г. Минпромторга России.

Зам. начальника центра 201 ФГБУ «ВНИИМС»

Ю.А. Шатохина

Начальник отдела 201 ФГБУ «ВНИИМС»

А.С. Смирнов

Приложение А. Метрологические характеристики ИК системы

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Состав ИК				Характеристики погрешности ИК
		ПИП		ВИК, характеристики погрешности	6	
		Тип, характеристики погрешности	Выходной сигнал			
1	2	3	4	5		
Сила от тяги двигателя	от 0 до 400 кгс	TBC2-04 $\gamma_{\text{п.вп}} = \pm 0,15 \%$	U	EX1048 => АРМ $\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,06 \%$	$\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 0 до $0,5 \cdot R_{\text{max}}$; $\delta = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от $0,5 \cdot R_{\text{max}}$ до $1,0 \cdot R_{\text{max}}$	
Частота переменного тока, соответствующая значениям частоты вращения роторов	от 300 до 4000 Гц	-		FL157A => PXI-6608 => АРМ $\delta = \pm 0,1 \%$	$\delta = \pm 0,1 \%$	
Массовый расход топлива	от 9 до 600 кг/ч	Micro Motion «ELITE» сенсор CMF025 с преобразователем 3500 $\delta = \pm 0,1 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,1 \%$	$\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 9 до 200 кг/ч $\delta = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 200 до 600 кг/ч	
Термодинамическая температура воздуха на входе в изделие при испытании с наддувом	от 233,15 до 403,15 К (от -40 до +130 °С)	ТХК (L) ГОСТ Р 8.585-2001 ИСХ $\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 233,15 до 293,15 К (от -40 до +20 °С) $\delta = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 293,15 до 403,15 К (от +20 до +130 °С)	ХК(L) мВ по ГОСТ Р 8.585-2001	EX1048 => АРМ $\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,02 \%$	$\gamma_{\text{ди}} = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 233,15 до 293,15 К (от -40 до +20 °С) $\delta = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 293,15 до 403,15 К (от +20 до +130 °С)	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Перепад между полным давлением воздуха на входе в изделие и атмосферным давлением при работе с наддувом	от 0 до 60 кПа (от 0 до 0,6 кгс/см ²)	Метран-100-ДД-1440-63кПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 0,4 \%$ в диапазоне от 0 до 30 кПа $\delta = \pm 0,4 \%$ в диапазоне от 30 до 60 кПа
Перепад между полным давлением и статическим давлением в мерном сечении РМК при работе с наддувом	от 0 до 40 кПа (от 0 до 0,4 кгс/см ²)	Метран-100-ДД-1430-40кПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 0,4 \%$ в диапазоне от 0 до 10 кПа $\delta = \pm 0,4 \%$ в диапазоне от 10 до 40 кПа
Перепад между статическим давлением в полости подвижного лабиринтного уплотнения РМК и атмосферным давлением при работе с наддувом	от 0 до 60 кПа (от 0 до 0,6 кгс/см ²)	Метран-150-CD3-63кПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,075 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 0,5 \%$ в диапазоне от 0 до 20 кПа $\delta = \pm 0,5 \%$ в диапазоне от 20 до 60 кПа
Полное давление воздуха за вентилятором в наружном контуре	от 98 до 350 кПа (от 0,98 до 3,5 кгс/см ²)	Метран-100-ДА-1050-0,4МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 98 до 200 кПа $\delta = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 200 до 350 кПа
Статическое давление воздуха за компрессором	от 0 до 1600 кПа (от 0 до 16 кгс/см ²)	Метран-100-ДА-1050-1,6МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 0 до 800 кПа $\delta = \pm 0,3 \%$ в диапазоне от 800 до 1600 кПа
Давление масляно-воздушной смеси, подводимой к подшипнику опоры компрессора	от 0 до 200 кПа (от 0 до 2 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151-0,4МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C => PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Давление масляно-воздушной смеси, подводимой к подшипнику опоры турбины	от 0 до 200 кПа (от 0 до 2 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151 – 0,4МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$
Давление в магистрали подвода воздуха к МВР опоры компрессора	от 0 до 300 кПа (от 0 до 3 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151 – 0,6МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$
Давление в магистрали подвода воздуха к МВР опоры турбины	от 0 до 300 кПа (от 0 до 3 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151 – 0,6МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$
Давление топлива на входе в насос-дозатор 4184	от 0 до 400 кПа (от 0 до 4 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151 – 0,4МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$
Давление воздуха на раскрутку ротора ТК от стеновой воздушной системы высокого давления	от 0 до 15000 кПа (от 0 до 150 кгс/см ²)	Aplisens PC-28/ 0-25МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,2 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{вп} = \pm 1,0 \%$ в диапазоне от 0 до 10000 кПа $\delta = \pm 1,0 \%$ в диапазоне от 10000 до 15000 кПа
Давление воздуха перед воспламенителем в системе подачи воздуха к воспламенителю	от 0 до 1000 кПа (от 0 до 10 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151 – 2,5МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$
Давление перед системой подачи топлива к воспламенителю	от 0 до 2000 кПа (от 0 до 20 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1151 – 2,5МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$
Перепад давления топлива на гидравлических фильтрах	от 0 до 392,266 кПа (от 0 до 4 кгс/см ²)	Метран-100-ДИ-1450 – 0,4МПа $\gamma_{п.вп} = \pm 0,15 \%$	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => АРМ $\gamma_{дл} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{дл} = \pm 1 \%$

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Напряжение постоянного тока (термисторические сигналы)	от 0 до 10 В		от 0 до 10 В	ADAM-3014=>SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => APM $\gamma_{\text{дл}} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{\text{дл}} = \pm 0,05 \%$
Сила постоянного тока	от 4 до 20 мА		от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6232 => APM $\gamma_{\text{дл}} = \pm 0,05 \%$	$\gamma_{\text{дл}} = \pm 0,05 \%$
Напряжение постоянного тока, соответствующего значениям температуры газообразных сред, температуры корпусов и деталей ГТД	от -2 до 55 мВ	-	мВ, соответствующие НСХ ХА (К), ХК(L) по ГОСТ Р 8.585-2001	EX1048 => APM	$\gamma_{\text{вп}} = \pm 0,02 \%$
	от 0 до 52,410 мВ		мВ, соответствующие НСХ ХА (К), по ГОСТ Р 8.585-2001		
	от 0,798 до 16,397 мВ		мВ, соответствующие НСХ ХА (К), по ГОСТ Р 8.585-2001		
	от 1,290 до 31,492 мВ		мВ, соответствующие НСХ ХК(L) по ГОСТ Р 8.585-2001		
	от 0 до 45,119 мВ		мВ, соответствующие НСХ ХА (К), по ГОСТ Р 8.585-2001		
Сила постоянного тока, соответ- ствующая значениям вибрации в диапазоне от 0 до 200 мм/с	от 4 до 20 мА	-	от 4 до 20 мА	SCXI-1308 => SCXI-1102C =>PXI-6289 => APM	$\gamma_{\text{дл}} = \pm 0,05 \%$
Примечание $\Delta_{\text{п}}, \gamma_{\text{п.вп.}}$ – пределы допускаемых абсолютных или приведенных к верхнему пределу диапазона измерений погрешностей ПИП в рабочих условиях; $\gamma_{\text{дл}}$ – пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности ПИП; δ – пределы допускаемой относительной погрешности; Δ – пределы допускаемой абсолютной погрешности.					