

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «10» марта 2021 г. №260

Регистрационный № 81240-21

Лист № 1
Всего листов 11

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система измерительная ИС-Ц-2

Назначение средства измерений

Система измерительная ИС-Ц-2 (далее - Система) предназначена для измерений параметров авиационных двигателей и их элементов (силы от тяги двигателя; абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред; температуры газообразных и жидких сред; относительной влажности воздуха; частоты электрического сигнала, соответствующей значениям частоты вращения; объёмного расхода жидкости (топливо, вода); параметров сферических частиц в потоке воздуха) при испытаниях на стенде Ц-2 ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова», г. Лыткарино Московской области.

Описание средства измерений

Система включает в себя первичные преобразователи физических величин, кондиционеры сигналов, аналого-цифровые преобразователи и цифровую аппаратуру «верхнего уровня» (специализированные платы, компьютеры со специализированным программным обеспечением, мониторы).

Принцип работы Системы заключается в преобразовании измеряемых параметров газотурбинных двигателей первичными преобразователями в соответствующие электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровые коды и передаче последних в персональный компьютер (ПК) верхнего уровня Системы для дальнейшего преобразования их в цифровые коды упомянутых физических величин.

Система состоит из следующих измерительных каналов (ИК):

ИК силы от тяги двигателя;

ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред;

ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа;

ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТХК (L);

ИК температуры топлива;

ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа;

ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 1000П;

ИК объёмного расхода жидкости;

ИК относительной влажности воздуха на входе в объект испытаний;

ИК частоты электрического сигнала, соответствующей значениям частоты турбинных преобразователей расхода (ТПР);

ИК частоты электрического сигнала, соответствующей значениям частоты вращения роторов ГТД;

ИК параметров сферических частиц в потоке воздуха.

Часть ИК не содержит первичных преобразователей, которые поставляются в составе испытываемого двигателя и подсоединяются к Системе только на период испытаний.

Конструктивно Система представляет собой стойки с аппаратурой, соединенной с ПП физических величин линиями связи длиной до 50 м.

ИК силы от тяги двигателя.

Принцип действия ИК состоит в следующем. Сила от тяги двигателя, размещенного на подмоторной раме, передаётся к ДМП, далее через силопередающую штангу воздействует на тензорезисторные датчики силы и уравнивается силой их реакции. Выходные сигналы датчиков преобразуются в цифровые коды, с последующим вычислением в компьютере по градуировочной характеристике ИК. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред.

Принцип действия ИК с использованием в качестве первичных преобразователей модулей МДД-16 основан на зависимости выходного сигнала датчиков давления от деформации чувствительного элемента датчика, вызванной действием измеряемого давления. Для преобразования аналоговых сигналов датчиков в цифровые коды используются модули МС-114. На верхнем уровне ИС указанные цифровые коды преобразуются в цифровые коды давления.

Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

Принцип действия ИК с манометрами цифровыми прецизионными МЦП-1М, МЦП-2М, частотными датчиками типа ДВБЧ-У-1 и барометром рабочим сетевым БРС-1М-3 основан на преобразовании абсолютного давления в частотный электрический сигнал. Выходные сигналы датчиков преобразуются в цифровые коды, с последующим вычислением в компьютере базового давления по градуировочной характеристике ИК, результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

Принцип действия ИК с датчиками давления типа AUTROL, ИКД, Мида, САПФИР, ADZ, Зонд-10 основан на зависимости выходного сигнала датчиков давления от деформации чувствительного элемента датчика, вызванной воздействием измеряемого давления, и последующего преобразования его в унифицированный токовый выходной сигнал. Выходные сигналы датчиков преобразуются в цифровые коды (с учетом индивидуальной градуировочной характеристики первичного преобразователя), используя модули МС-114С2, с последующим вычислением в компьютере избыточного давления жидкости по градуировочной характеристике ИК, результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа; температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТХК (L); температуры топлива; сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа; температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 1000П.

Принцип действия ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа основан на измерении напряжения постоянного тока, возникающего в термоэлектродных проводах первичного преобразователя (ПП) от разности температур между «горячим» и «холодным» спаями.

В ИК на базе МПС-140 термоэлектродвижущая сила (ТЭДС) термопар измеряется встроенным в МПС-140 измерительным модулем путем преобразования ее в цифровой код измеряемой температуры с учетом температуры «холодных» спаев. Учет температуры «холодных» спаев термопар производится с учетом градуировочной характеристики ПП, установленного в корпусе на входе МПС-140. Выходные сигналы датчиков преобразуются в цифровые коды с последующим вычислением в компьютере значений температуры по градуировочной характеристике ИК, результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

Принцип действия ИК температуры топлива; сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа; температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 1000П основан на функциональной зависимости сопротивления термопреобразователя от температуры окружающей среды. Сигнал от ПП посредством соединительных линий через блок коммутации МЕ-003 подается на модуль измерения сопротивлений МС-227Rx.

Выходные сигналы датчиков преобразуются в цифровые коды с последующим вычислением в компьютере значений температуры по градуировочной характеристике ИК, результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

ИК объемного расхода жидкости.

Принцип действия ИК основан на зависимости частоты вращения ротора турбинного расходомера ТДР (ТПР) от объемного расхода топлива. Электрический сигнал с ПП поступает на нормализатор сигналов МЕ-402, преобразуется и передается на модуль измерения частоты МС-451. Выходные сигналы датчиков преобразуются в цифровые коды с последующим вычислением в компьютере значения объемного расхода по градуировочной характеристике ИК, результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

ИК относительной влажности воздуха на входе в объект испытаний.

Принцип действия ИК относительной влажности основан на зависимостях электрической емкости сенсора НИН-3602 (НИН-4602) от относительной влажности воздуха и электрического сопротивления термометра, входящего в состав сенсора и измеряющего температуру проточного воздуха внутри корпуса с сенсором. Выходное напряжение, пропорциональное относительной влажности, преобразуется модулями МС-114 в соответствующий цифровой код. Сопротивление термометра при помощи модулей МС-227R, также преобразуется в цифровой код, соответствующий температуре.

ИК частоты электрического сигнала, соответствующая значениям частоты ТПР, частоты электрического сигнала, соответствующей значениям частоты вращения роторов ГТД.

Принцип действия ИК основан на преобразовании частоты вращения ротора ГТД и частоты ТПР в электрический сигнал переменного тока, частота которого пропорциональна частоте вращения ротора. Электрический сигнал с преобразователя поступает на нормализатор сигналов МЕ-402, преобразуется и передается на модуль измерения частоты МС-451.

Общий вид составных частей системы представлен на рисунках 1-15.

Рабочее место оператора представлено на рисунке 16.

Замок и ключ шкафа ИС приведены на рисунке 15.

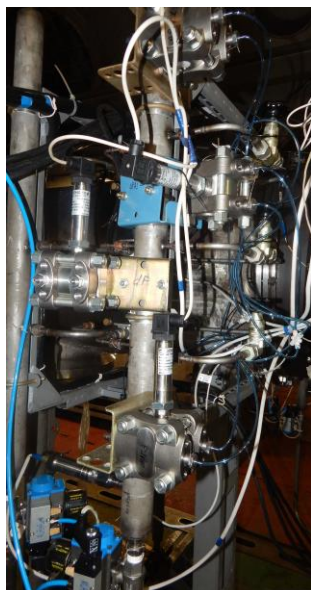


Рисунок 1 – Стойка приборная с расположенными на ней ПИ



Рисунок 2 – Преобразователь давления AUTROL



Рисунок 3 – Преобразователи давления ЗОНД-10



Рисунок 4 – Датчики давления, разрежения и разности давлений ADZ



Рисунок 5 – Комплексы для измерения температуры магистрально-модульные MIC-140



Рисунок 6 – Термопреобразователи сопротивления ТС



Рисунок 7 – Преобразователи давления измерительные МДЦ-16



Рисунок 8 – Барометр рабочий сетевой БРС-1М



Рисунок 9 – Датчик влажности фирмы Honeywell



Рисунок 10 – Преобразователи расхода турбинные ТПР



Рисунок 11 - Терминал «Микросим-6»



Рисунок 12 – Датчики весоизмерительные тензорезисторные М



Рисунок 13 – Комплекс измерительно-вычислительный MIC-036R



Рисунок 14 – Замок и ключ шкафа ИС



Рисунок 15 – Рабочее место оператора

Программное обеспечение

Программное обеспечение (далее – ПО) системы разделено на метрологически значимую и незначимую части, реализовано в пакете обработки сигналов MERA Recorder (scales.dll), установлено на аппаратуре верхнего уровня и является встроенным. Идентификационным признаком ПО служит номер версии, который отображается в заголовке главного окна ПО и в специальном окне с информацией о ПО, которое может быть вызвано через главное меню ПО. Конструкция систем исключает возможность несанкционированного влияния на ПО СИ и измерительную информацию. Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных воздействий в соответствии с Р 50.2.077-2014 – «высокий». Используемое ПО защищено проверкой файла лицензии и паролем, с заданной периодичностью выполняется резервное копирование файлов данных. Программный ключ защиты исполняемых файлов и файлов данных поставляется на внешней съемной флэш-памяти.

Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Идентификационные данные

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	MERA Recorder (scales.dll)
Номер версии (идентификационный номер) ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	3.4.0.16 WD v11.5 (сборка от 2020.06.16.16)
Цифровой идентификатор ПО	24CVC163
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	CRC32 по IEEE 1059-1993
Примечания. 1 ПО не может быть модифицировано, загружено или прочитано через какой-либо интерфейс после опломбирования	

Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Метрологические характеристики

Измеряемые параметры (наименование измерительных каналов)	Измеряемые величины	Диапазон измерений	Пределы допускаемых погрешностей	Кол-во ИК
ИК силы от тяги двигателя, кН	Сила	от 0,5 до 90	$\gamma: \pm 0,3 \% \text{ от ВП}$	2
		от 90 до 180	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	
ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред, кПа	Давление избыточное	от 0 до 980,7	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	2
		от 0 до 4413,0		2
		от 0 до 1000		6
		от 0 до 2500		2
		от 0 до 196,1		1
		от 0 до 294,2		1
		от минус 49,0 до 39,2		1
		от 0 до 600	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	14
		от 0 до 1000		6
		от 0 до 2000		10
		от 0 до 14710		1
		от 0 до 1961,3		4
		от 0 до 980,7		6
		от 0 до 392,7		1
	от 0 до 2500	$\gamma: \pm 0,25 \% \text{ от ВП}$	3	
	от 0 до 4000		1	
	Давление абсолютное	от 0 до 104	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	1
		от 0 до 250		3
		от 0 до 1667,1		2
		от 15 до 250	$\gamma: \pm 0,02 \% \text{ от ВП}$	2
		от 12 до 101	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	16
		от 0,5 до 110	$\Delta: \pm 20 \text{ Па}$	16
	Разность давлений	от 0 до 10	$\gamma: \pm 0,15 \% \text{ от ВП}$	48
		от 0 до 50		112
		от минус 40 до 40		6
		от 0 до 37		10
		от 0 до 147,1	$\gamma: \pm 0,25 \% \text{ от ВП}$	1
от 0 до 0,6		$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	1	
от 0 до 10			1	
от 0 до 16			4	
от 0 до 157			1	
от 0 до 600			6	
от 0 до 980,7			1	
ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа, мВ	Напряжение постоянного тока		от минус 2 до 55	$\gamma: \pm 0,05 \% \text{ от ДИ}$
		от минус 10 до 68		
		от 0 до 14	$\gamma: \pm 0,08 \% \text{ от ДИ}$	

Продолжение таблицы 2

Измеряемые параметры (наименование измерительных каналов)	Измеряемые величины	Диапазон измерений	Пределы допускаемых погрешностей	Кол-во ИК
ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТХК (L), °С	Температура	от минус 50 до 320 °С	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	96
		от 320 до 1000 °С	$\delta: \pm 1 \% \text{ от ИЗ}$	
ИК температуры топлива, °С	Температура	от 0 до 40	$\Delta: \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{С}$	2
ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа, Ом	Сопротивление электрического тока	от 800 до 2500	$\gamma: \pm 0,08 \% \text{ от ДИ}$	48
		от 10 до 200		48
ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 1000П, °С	Температура	от минус 50 до 250 °С	$\gamma: \pm 1 \% \text{ ДИ}$	48
ИК объемного расхода жидкости: - топлива, л/ч - воды, л/ч	Объёмный расход жидкости	от 44 до 54000	$\delta: \pm 0,28 \% \text{ от ИЗ}$ $\delta: \pm 1,1 \% \text{ от ИЗ}$	12
		от 10,8 до 2100		4
ИК относительной влажности воздуха на входе в объект испытаний, %	Относительная влажность воздуха	от 10 до 99	$\gamma: \pm 2 \% \text{ от ВП}$	2
ИК частоты электрического сигнала, соответствующей значениям частоты ТПР, Гц	Частота электрического сигнала	от 0 до 500	$\delta: \pm 0,01 \% \text{ от ИЗ}$	12
ИК частоты электрического сигнала, соответствующей значениям частоты вращения роторов ГТД, Гц	Частота электрического сигнала	от 0 до 15000	$\delta: \pm 0,01 \% \text{ от ИЗ}$	32
ИК параметров сферических частиц в потоке воздуха	Размер сферических частиц в потоке воздуха, мкм	от 5 до 250	$\gamma: \pm 2,0 \% \text{ от ВП}$	1
	Скорость сферических частиц в потоке воздуха, м/с	от 20 до 200	$\gamma: \pm 1,0 \% \text{ от ВП}$	1
	Удельный объемный расход сферических частиц, м ³ /(м ² ·с)	от $2 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^{-4}$	$\gamma: \pm 30,0 \% \text{ от ВП}$	1

Примечания

- 1 ВП – верхний предел измерения;
- 2 ИЗ – измеряемое значение;
- 3 ПП – первичный преобразователь;
- 4 ДИ – диапазон измерения.

γ – приведенная погрешность, %;

δ – относительная погрешность, %;

Δ – абсолютная погрешность в единицах измеряемой величины

Технические характеристики Систем приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Параметры электрического питания:	
- напряжение, В	от 187 до 242
- частота, Гц	от 49 до 51
- потребляемая мощность, кВт	10
Диапазон рабочих температур, °С (К)	от 10 до 30 (от 283 до 303)
относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %	от 30 до 80
атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа)	от 93 до 108 (от 697 до 810)
Габаритные размеры (ширина x длина x высота), м:	-----
Динамометрическая платформа (ДМП)	9825 x 3724 x 2201
Ленты сжатия подвески ДМП	1780 x 1250 x 922
Датчики весоизмерительные тензорезисторные	152 x 54 x 135
Прибор весоизмерительный «Микросим 06»	155 x 52 x 98
Шкаф коммутационный (с МС-140)	300 x 390 x 98
Стойки приборные с преобразователями давления	485 x 402 x 1582
Барометр рабочий сетевой БРС-1М	205 x 180 x 65
Комплекс измерительно-вычислительный МС-036R	622 x 458 x 187
Манометр цифровой прецизионный МЦП-2М	220 x 240 x 80
Сервер хранения данных	480 x 210 x 420
Источники бесперебойного питания	355 x 211 x 320
Автоматизированное рабочее место/станция сбора данных (АРМ/ССД)	389 x 925 x 940

Знак утверждения типа

наносится на титульный лист формуляра и руководства по эксплуатации Системы измерений ИС-Ц-2.

Комплектность средства измерений

Комплектность средства измерений указана в таблице 4.

Таблица 4 - Комплектность средства измерений

Наименование (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)	Кол-во	Примечание
Динамометрическая платформа (ДМП)	1 шт.	
Ленты сжатия подвески ДМП	4 шт.	
Датчики весоизмерительные тензорезисторные М (53673-13)	2 шт.	М70
Прибор весоизмерительный «Микросим 06»	2 шт.	

Продолжение таблицы 4

Наименование (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)	Кол-во	Примечание
Блок коммутационный	1 шт.	
Преобразователи давления измерительные МДД-16/10	3 шт.	16-канальный
Преобразователи давления измерительные МДД-16/50	7 шт.	16-канальный
Частотный датчик давления ДВБЧ-У-1	3 шт.	
Барометр рабочий сетевой БРС-1М (16006-97)	1 шт.	БРС-1М-3
Манометр цифровой прецизионный МЦП-2М (40100-08)	1 шт.	
Преобразователи измерительные Сапфир-22М (11964-91)	2 шт.	
Датчики давления МИДА-13П (17636-06)	12 шт.	
Датчики давления ДДМ (47463-11)	1 шт.	
Преобразователи давления ИКД	12 шт.	
Датчики давления ЗОНД-10 (15020-07)	21 шт.	
Преобразователи давления AUTROL (37667-13)	11 шт.	
Датчики давления, разрежения и разности давлений ADZ (49870-12)	33 шт.	Nagano SML-10
Комплекс измерительно-вычислительный МИС-036R (в составе измерительных модулей МС-212, МС-114, МС-114С2, МС-227Rx, МС-451, МС-401, нормализаторы сигналов одноканальные МЕ-402)	1 шт.	
Комплексы для измерения температуры магистрально-модульные МИС-140 (20859-09)	2 шт.	
Шкаф коммутационный (с МИС-140)	1 шт.	
Термопреобразователи сопротивления ТС (18131-04)	4 шт.	1288/4
Термопреобразователи сопротивления HEL 712-U	31 шт.	
Преобразователи расхода турбинные ТПР1 ... ТПР20 (8326-90)	16 шт.	ТПР1, ТПР4, ТПР5, ТПР7, ТПР 8, ТПР 10, ТПР 13, ТПР 16, ТПР 18
Датчик влажности фирмы Honeywell	3 шт.	НН-3602С
Стойка приборная	5 шт.	
Автоматизированное рабочее место/станция сбора данных (АРМ/ССД)	1 шт.	
Сервер хранения данных	1 шт.	
Источники бесперебойного питания	3 шт.	
Сетевые коммутаторы Ethernet Switch	5 шт.	
Программа управления комплексом МИС Recorder.	1 шт.	
Руководство по эксплуатации.	1 экз.	ИС-Ц-2 РЭ
Формуляр	1 экз.	ИС-Ц-2 ФО
Методика поверки	1 экз.	ИС-Ц-2 МП

Сведения о методиках (методах) измерений
приведены в разделе 2 руководства по эксплуатации

Нормативные документы, устанавливающие требования к системе измерительной ИС-Ц-2

ГОСТ Р 8.596-2002 ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Общие положения.

ГОСТ 8.027-2001. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы.

ГОСТ Р 8.840-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1 - 1 \cdot 10^6$ Па.

ГОСТ 8.547-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов.

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А».

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 июля 2018 г. № 1621 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 февраля 2016 г. № 146. Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 октября 2019 г. № 2498 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы».

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 февраля 2018 г. № 256 «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».

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2018 г. № 1339 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа».

