

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Системы автоматизированные информационно-измерительные «МАРС-МЕРА»

Назначение средства измерений

Системы автоматизированные информационно-измерительные «МАРС-МЕРА» (далее - Системы) предназначены для измерения параметров авиационных двигателей (силы от тяги двигателей, давления газа (воздуха), жидкостей, температуры газа (воздуха), жидкостей, частоты вращения роторов, массового расхода топлива, вибрации корпусов двигателей и относительной влажности воздуха) при испытаниях на стендах №№ 19, 21, 22 ОАО «НПО «САТУРН», г. Рыбинск.

Описание средства измерений

Системы имеют модульную конструкцию, включающую в себя датчики, кондиционеры сигнала, аналого-цифровые преобразователи и цифровую аппаратуру «верхнего уровня» (специализированные платы, компьютеры со специализированным программным обеспечением, мониторы).

Конструктивно Системы состоят из 7-ми модулей, включающих в себя соответствующие измерительные каналы (ИК):

- модуль измерений силы от тяги двигателя (МИС);
- модуль измерений массового расхода топлива (МИРТ);
- модуль измерений давления газа (воздуха) и жидкостей (МИД);
- модуль измерений температур газа (воздуха), жидкостей (МИТ);
- модуль измерений частоты вращения роторов (МИЧВР);
- модуль измерений вибрации (МИВб);
- модуль измерений относительной влажности воздуха (МИВ).

Часть ИК не содержит первичных преобразователей, которые поставляются в составе испытываемого двигателя и подсоединяются к Системам только на период испытаний (например, МИЧВР, МИВб, МИТ - частично). Максимальное суммарное количество ИК по всем измерительным модулям составляет 31.

МИС содержит следующие элементы:

- динамометрическую платформу (ДМП), опирающуюся на 4-е упругие ленты;
- рабочий тензорезисторный датчик силы типа 2ТВС-20, работающий на сжатие. Питание моста датчика и аналого-цифровое преобразование его выходного сигнала осуществляется измерительным модулем МС-212;
- рычаг и градуировочные гири, предназначенные для градуировки МИС и создания силы подзагрузки на ДМП.

Сила от тяги двигателя, приложенная к ДМП, уравнивается силой реакции рабочего датчика. Его выходной сигнал, пропорциональный силе от тяги, преобразуется в пропорциональный цифровой код. Последний в компьютере верхнего уровня с помощью градуировочной зависимости преобразуется в цифровой код измеряемой силы.

МИРТ включает в свой состав расходный бак (РБ), рычажную систему (РС), связывающую РБ с весовой головкой (ВГ), а также электронный блок замера расхода топлива (КЗРТ). Последний вырабатывает сигналы «Старт», «Стоп» при прохождении стрелки ВГ соответствующих точек шкалы ВГ. Упомянутые сигналы через модуль МС-401 поступают в ЭВМ, где преобразуются в цифровой код интервала времени, соответствующего выработке номинальной

массы топлива из РБ. Отношение указанной номинальной массы топлива к интервалу времени, равное массовому расходу топлива, определяется в компьютере верхнего уровня.

МИД предназначен для измерений давления воздуха на входе в двигатель и давлений газа и жидкостей по тракту двигателя. МИД включает в свой состав датчики давления моделей Сапфир 22ДД (измерение полного и статического давления на входе в двигатель), Сапфир 22ДИ (измерение избыточных давлений газа и жидкости по тракту двигателя). Токовые сигналы с выходов датчиков Сапфир 22 поступают в модуль МС-227С, где преобразуются в соответствующие цифровые коды. Последние (совместно с цифровым кодом барометра) поступают в компьютер верхнего уровня, где преобразуются на основании градуировочных характеристик в соответствующие цифровые коды абсолютных давлений.

МИТ предназначен для измерений температур воздуха на входе в двигатель, газа за турбиной и рабочих жидкостей. МИТ включает в себя:

- ИК электрического напряжения постоянного тока (на базе модуля МС 227К) работает с термопарой (ТП) типа Т-99-3 и колодкой компенсационной ПК-9Б, расположенными на двигателе. Электрическое напряжение с выхода ТП и ПК-9Б, соответствующее температуре газа за турбиной ГТД, поступает на вход модуля МС 227К, где преобразуется в соответствующий цифровой код. В компьютере верхнего уровня на основании градуировочных зависимостей вычисляется значение соответствующей температуры;

- ИК температуры воздуха на входе в двигатель и жидкостей по тракту двигателя состоят из ИК электрических сопротивлений (на базе модулей МС 227R) и термометров сопротивления (ТС) типа П77 или П63 соответственно. Электрическое сопротивление ТС, соответствующее измеряемой температуре, преобразуется в напряжение постоянного тока и поступает в компьютер верхнего уровня, где на основании градуировочных зависимостей вычисляется значение соответствующей температуры.

МИЧВР содержит ИК напряжения переменного тока (на базе модулей МС-451). Частотный сигнал с выхода датчика типа ДТЭ-5Т (ДТЭ-6Т), расположенного на двигателе, соответствующий частоте вращений ротора компрессора двигателя, поступает на вход модуля измерения частоты МС-451. Цифровой код с выхода модуля, соответствующий частоте сигнала, поступает в компьютер верхнего уровня Системы, где на основании градуировочной зависимости преобразуется в цифровой код частоты вращения ротора.

МИВб содержит ИК динамических сигналов (на базе модуля МС-201) и датчик вибраций типа МВ-25БВ, расположенный на двигателе. Аналоговый выходной сигнал датчика поступает на вход модуля МС-201, где преобразуются в соответствующий цифровой сигнал. Последний поступает в компьютер верхнего уровня, где подвергаются быстрому преобразованию Фурье с выделением амплитуды спектральной составляющей виброскорости на роторной частоте.

МИВ состоит из измерителя влажности и температуры ИВТМ-7, который по сетевому протоколу передает соответствующие цифровые данные в компьютер верхнего уровня системы, где на основании градуировочных характеристик ИВТМ-7 определяется относительная влажность воздуха на входе в двигатель.

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

Модификации Системы отсутствуют.

Общий вид Системы представлен на рисунке 1.

Схема пломбировки от несанкционированного доступа приведена на рисунке 2 .



Рисунок 1 Общий вид Системы



Место пломбировки

Рисунок 2 Схема пломбировки от несанкционированного доступа

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) делится на несколько основных категорий:

- системные программы;
- оконные программы.

К системным программам относятся программы, взаимодействующие с измерительной аппаратурой и занимающиеся обменом информации между компьютерами в сети, а также программы для обслуживания рабочих сессий.

Оконные программы выполняют функции диспетчера программ, менеджера сессий, редактора базы данных стенда, занесения первичных данных, записи и просмотра трендов, регистрации точек, оценки динамических характеристик.

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

Таблица 1

Идентификаци-онное на-именование ПО	Номер версии (идентификаци-он-ный номер) ПО	Цифровой иденти-фикатор ПО (кон-троль-ная сумма ис-полняемого кода)	Другие иден-тификацион-ные данные	Алгоритм вычисле-ния цифрового иден-тифи-катора ПО
ПОС-М НПП «Мера»	2.28b 2003	DOC7EF19	–	CRC32

Используемые программы защищены паролями, с заданной периодичностью выполняется резервное копирование файлов данных. Программный ключ защиты исполняемых файлов и файлов данных поставляется на внешней съемной флэш-памяти.

Уровень защиты ПО «С» по МИ 3286-2010 исключает возможность непреднамеренных и преднамеренных изменений ПО и измеренных данных.

Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики Систем приведены в таблице 2.

Таблица 2

Измеряемые параметры, количество измерительных каналов (ИК), единицы измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой относительной (абсолютной*) погрешности
Сила от тяги, 1 ИК, кН	от 0 до 127	$\pm 0,5 \%$ от $0,5 R_{\max}^1$ $\pm 0,5 \%$ ИЗ ²⁾
Массовый расход топлива, 1 ИК, кг/с	от 0,2 до 1,6	$\pm 0,5 \%$ от $0,5 G_{\max}^3$ $\pm 0,5 \%$ ИЗ ⁴⁾
Перепад между атмосферным и полным давлением воздуха на входе в ГТД, 1 ИК, кПа	от 0 до 2,5	± 50 Па
Перепад между атмосферным и статическим давлениями на входе в ГТД, 2 ИК, кПа	от 0,1 до 25	$\pm (64 \dots 82)$ Па ⁵⁾
Перепад давления газа по тракту ГТД относительно атмосферного давления, 7 ИК, кПа 1 ИК, кПа 2 ИК, кПа	от 0 до 160 от 0 до 600 от 0 до 2500	$\pm 0,5 \%$ ВП ⁶⁾
Перепад давления жидкостей относительно атмосферного давления, 1 ИК, кПа 2 ИК, кПа 1 ИК, МПа 1 ИК, МПа	от 0 до 250 от 0 до 600 от 0 до 10 от 0 до 25	$\pm 1,0 \%$ ВП ⁶⁾
Атмосферное давление, (1 ИК), кПа	от 60 до 110	± 67 Па
Температура воздуха на входе в двигатель, 4 ИК, °С (К)	от минус 40 до плюс 40 (от 233 до 313)	$\pm 0,5 \%$ ИЗ
Температура рабочих жидкостей, 2 ИК, °С	от минус 60 до плюс 120	$\pm 1,5 \%$ ВП
Электрическое напряжение постоянного тока, соответствующее значению температуры газа за турбиной ГТД, 1 ИК, мВ	от 0 до 2500	$\pm 0,08 \%$ ВП - по напряжению ($\pm 1 \%$ ВП - по температуре, с учетом погрешности ПП)
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения ротора компрессора, 2 ИК, Гц	от 10 до 11000	$\pm 0,001 \%$ ВП - по частоте переменного тока ($\pm 0,15 \%$ ВП - по частоте вращения ротора с учетом погрешности ПП)
Напряжения динамических сигналов, соответствующие вибрационной скорости корпуса ГТД, 3	от 0,02 до 8,5	$\pm 0,5 \%$ ВП - по амплитуде электрического напряже-

Измеряемые параметры, количество измерительных каналов (ИК), единицы измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой относительной (абсолютной*) погрешности
ИК, В		ния ((10 - 12) % ВП - по амплитуде вибрационной скорости корпусов ГТД на роторной частоте, с учетом погрешности ПП)
Относительная влажность воздуха на входе в двигатель, 1 ИК, %	от 15 до 95	± 2 %

Примечания:

- 1) В диапазоне (0 - 0,5) R_{max} ;
 - 2) В диапазоне (0,5 - 1,0) R_{max} ;
 - 3) В диапазоне (0 - 0,5) G_{max} ;
 - 4) В диапазоне (0,5 - 1,0) G_{max} ;
 - 5) Расчетный предел погрешности измерений параметра с учетом регламентируемых пределов погрешностей измерений перепада между атмосферным и полным давлением воздуха и полным и статическим давлениями на входе в ГТД;
 - 6) С учетом погрешности измерений атмосферного давления.
- R_{max} – верхний предел (ВП) диапазона измерений силы;
 G_{max} – ВП диапазона измерений массового расхода топлива;
 ИЗ – измеряемое значение;
 ПП – первичный преобразователь.

Технические характеристики системы приведены ниже.

Диапазон рабочих температур, °С

- в пультовой от плюс 10 до плюс 30
- в испытательном боксе..... от минус 40 до плюс 40

Параметры электрического питания:

- напряжение, В от 187 до 242
- частота, Гц от 49 до 51
- потребляемая мощность, кВт·А10

Габаритные размеры (ширина x длина x высота), м, не более:

- модуль измерения силы 3 × 7 × 5;
- модуль измерения массового расхода топлива. 0,7 × 0,7 × 0,7;
- модуль измерения давления 0,5 × 0,5 × 0,5;
- модуль измерения температуры 0,5 × 0,5 × 0,5;
- модуль измерения относительной влажности 0,3 × 0,3 × 0,34
- модуль измерения частоты вращения роторов 0,3 × 0,3 × 0,34
- модуль измерения вибрационной скорости 0,3 × 0,3 × 0,3.

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится графическим способом на таблички, закрепленные на стойках Систем и типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации.

Комплектность средства измерений

Комплектность Системы приведена в таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Кол-во	Примечание
ДМП, производство ОАО «НПО «Сатурн»	1	В составе МИС
Рычаг, производство ОАО «НПО «Сатурн»	1	В составе МИС
Датчик силы рабочий типа 2ТВС20 фирмы «Электроприбор»	2	В составе МИС
СЗРТ с весовой головкой ГАП-5-983, ГАП-5-1465	1	В составе МИРТ
Датчики дифференциального давления Сапфир-22М-Ех-ДД-2430-02-У2-0,25/2,5 кПа (6,3; 10 кПа), Сапфир-22М-Ех-ДД-2430-02-У2-0,25/16к Па (25; 40кПа) фирмы ЗАО «ПГ «Метран»	3	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2140-02-У2-0,25/160 кПа (40; 250 кПа) фирмы «ПГ «Метран»	7	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2140-02-У2-0,5/250 кПа (40; 250 кПа) фирмы «ПГ «Метран»	1	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2150-02-У2-0,25/600 кПа (400; 2500 кПа) фирмы «ПГ «Метран»	1	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2150-02-У2-0,25/2500 кПа (400; 2500 кПа) фирмы «ПГ «Метран»	2	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2150-02-У2-0,5/600 кПа (400; 2500 кПа) фирмы «ПГ «Метран»	2	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2160-02-У2-0,5/10 МПа (2,5; 16 МПа) фирмы «ПГ «Метран»	1	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2170-02-У2-0,5/25 МПа (16; 100 МПа) фирмы «ПГ «Метран»	1	В составе МИД
Барометр регистрирующий сетевой БРС-1 фирмы ООО «БАРОМЕТР»	1	В составе МИД
Термометры сопротивления П-77, Класс В фирмы «Электроприбор»	4	В составе МИТ
Термометры сопротивления П-63, Класс В1 фирмы «Электроприбор»	2	В составе МИТ
Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 фирмы ОАО «Практик-НЦ»	1 на 3 стенда	В составе МИВ
Измерительный модуль типа МС-401, ООО «НПП «МЕРА»	5	В составе МИРТ
Измерительный модуль типа МС-212 , ООО «НПП «МЕРА»	1	В составе МИС
Измерительный модуль типа МС-227С , ООО «НПП «МЕРА»	2	В составе МИД
Измерительный модуль типа МС-227R , ООО «НПП «МЕРА»	1	В составе МИТ
Измерительный модуль типа МС-227К , ООО «НПП «МЕРА»	2	В составе МИТ
Измерительный модуль типа МС-451 , ООО «НПП «МЕРА»	1	В составе МИЧВР
Измерительный модуль типа МС-201 , ООО «НПП «МЕРА»	1	В составе МИВб
Источник бесперебойного питания UPS	1	
Усилитель – разветвитель сети HUB	1	
Шкаф (стойка) СВТ	1	
Кондиционер частотного сигнала	2	

Наименование	Кол-во	Примечание
Блок питания датчиков давления 22БП36	9	
Операторская станция на базе компьютера типа Pentium	1	

Поверка

Поверка осуществляется в соответствии с документом МП 57965-14 «Системы автоматизированные информационно-измерительные «МАРС-МЕРА». Методика поверки МП МАРС-МЕРА», утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ЦИАМ им. П.И.Баранова» в декабре 2013 г.

Идентификационные данные, а также процедура идентификации программного обеспечения приведены в разделе 4 документа «Руководство по эксплуатации»

Основные средства поверки:

- 1) Датчики весоизмерительные тензорезисторные Т2 (Госреестр № 53838-13), совместно с прибором весоизмерительным Микросим-06 (Госреестр № 25939-03).
- 2) Гири массой 100 кг класс точности М₁ по ГОСТ OIML R111-1-2009.
- 3) Манометры грузопоршневые:
МВП-2,5; МП-6; МП-60; МП-600, класс точности 0,05 (Госреестр № 14737-00)
- 4) Мегаомметр Ф4102/2: диапазон измерения сопротивления от 0 до 2000 МОм, класс точности 1,5. (Госреестр № 9225-88).
- 5) Пробойная установка АИД-70: от 0 до 50 кВ (Госреестр № № 34031-12).
- 6) Амперметр Э539 предел измерения силы тока от 0 до 5А кл.точности 0,5 (Госреестр № 9955-85).
- 7) Вольтметр универсальный цифровой В7-38 Диапазон измерения напряжения от 10⁻⁵ до 300 В при измерении напряжения переменного тока частотой от 40 до 60 Гц. Погрешность не более $\pm(0,5+0,4U_{\text{п}}/U_{\text{x}})$, где U_п – верхний предел измерения, U_x-измеренное значение (показания прибора) (Госреестр № 8730-82).
- 8) Уровень с микроподачей ампулы Carl Zeiss (Госреестр № 10084-85).
- 9) Термометр стеклянный ртутный образцовый, диапазон измерения (0 ... 50) °С, ц.д. 0,1 °С (Госреестр № 303-91).
- 10) Набор гирь ГО-4-1110, КГО-4-5 (Госреестр № 5603-76).
- 11) Калибратор давления типа DPI-610, фирмы «Druck» (Великобритания) диапазон 0 – 2 МПа, с внешним преобразователем избыточного давления (Госреестр № 2528970), погрешность $\pm 0,15$ % от ИВ (Госреестр № 16347-09).
- 12) Калибратор многофункциональный TRX - ПР):
- напряжение, мВ от минус 10 до плюс 100;
- сопротивление, Ом от 0 до 400;
- погрешность $\pm 0,01$ % ИВ или $\pm 0,025$ % ИВ (Госреестр № 42789-09)
- 13) Весы электронные АД-5, 4 разряда, диапазон измерения от 0 до 5000 г (Госреестр № 5840-13).
- 14) Генератор электрических сигналов ГЗ-110, диапазон частот 0.01Гц-2МГц, погрешность установки частоты $3 \cdot 10^{-7}$ (Госреестр № 5460-76).
- 15) Вольтметр В7-46/1, погрешность $\pm(0,15+0,05 \cdot (U_{\text{кx}}/U_{\text{x}} - 1))$ % (Госреестр № 11204-88).
- 18) Линейка измерительная металлическая 1-500 мм, мод. 188 (Госреестр № 9670).

Сведения о методиках (методах) измерений

Руководство по эксплуатации «Системы автоматизированные информационно-измерительные «МАРС-МЕРА». РЭ МАРС-МЕРА», раздел 4.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системам автоматизированным информационно-измерительным «МАРС-МЕРА»

ОСТ 1 01021-93 «Стенды для испытаний авиационных двигателей в наземных условиях. Общие технические требования»;

ГОСТ 8.558-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры»;

ГОСТ 8.017-79 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа»;

ГОСТ 8.129-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты»;

МИ 2070-90 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот $3 \cdot 10^{-1}$ - $2 \cdot 10^4$ Гц».

ОТУ-2012 "Общие технические условия на изготовление, ремонт, приёмку и поставку авиационных двигателей для воздушных судов"

Техническая документация изготовителя:

Инструкция 217-25-0058-2005 «Система, автоматизированная информационно-измерительная «МАРС-МЕРА»

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Выполнение работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям.

Изготовитель

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «МЕРА» (ООО «НПП «МЕРА»), г. Мытищи Московской обл.

Юридический (почтовый) адрес: 141002, РФ, Московская область, г. Мытищи, ул. Колпакова, кор. 13.

Телефон: +7 (495) 783-7159

Факс: +7 (495) 745-9893

Заявитель

Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «САТУРН» (ОАО «НПО «САТУРН»), г. Рыбинск Ярославской обл.

Юридический (почтовый) адрес: Россия, 152903, г. Рыбинск, пр. Ленина, 163

Телефон: (4855) 29-61-00

Факс: (4855) 29-60-00

E-mail: saturn@npo-saturn.ru

Http: www.npo-saturn.ru

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения им П.И. Баранова (ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»).

Юридический (почтовый) адрес 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, 2.

Тел./факс: (499) 763-5747, 763-6110.

E-mail: avim@ciam.ru

Http: www.ciam.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30093-11 от 27 октября 2011 года .

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

Юридический (почтовый) адрес 119361, г. Москва, ул. Озерная, д. 46.

Телефон: (495) 437 5577, факс: (495) 437 5666.

E-mail: Office@vniims.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМС» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30004-13 от 26.07.2013 года.

Заместитель Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.п.

«_____» _____ 2014 г.