

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Система автоматизированная информационно-измерительная «МАРС МЕРА 3М»

#### Назначение средства измерений

Система автоматизированная информационно-измерительная «МАРС МЕРА 3М» (далее - Система) предназначена для измерений параметров авиационных двигателей (силы от тяги двигателей, давления газа (воздуха), жидкостей, температуры газа (воздуха), рабочих жидкостей (топлива, масла), частоты вращения роторов, массового расхода топлива, вибрации корпусов двигателей и относительной влажности воздуха) при испытаниях на стенде № 20 ОАО «НПО «САТУРН», г. Рыбинск.

#### Описание средства измерений

Система имеет модульную конструкцию, включающую в себя датчики, кондиционеры сигнала, 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 (ГТД) датчиками 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.

Модификации Системы отсутствуют.

Конструктивно Система состоит 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 Системе 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 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 с последующим вычислением компьютером значений измеряемого сигнала по известной градуировочной характеристике ИК, результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

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 компьютер, 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 с последующим вычислением компьютером значений измеряемого сигнала по известной градуировочной характеристике ИК. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

МИД предназначен для измерений давления воздуха на входе в двигатель и давления 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 по известным градуировочным характеристикам ИК вычисляются значения измеряемых сигналов. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

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 преобразуются (с поправкой на температуру «холодных» спаев) в соответствующий цифровой код с последующим вычислением компьютером значений измеряемого сигнала по известной градуировочной характеристике ИК. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

- 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 преобразуются в соответствующий цифровой код с последующим вычислением компьютером значений измеряемого сигнала по известной градуировочной характеристике ИК. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

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. Цифровые коды с выхода модуля МС-451, соответствующие частоте сигнала, поступают в компьютер верхнего уровня Системы, с последующим вычислением компьютером значений измеряемого сигнала по известной градуировочной характеристике ИК. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

МИВб содержит ИК динамических сигналов (на базе модуля МС-201) и датчики вибраций типа МВ-25БВ, расположенные на двигателе. Аналоговые выходные сигналы датчика поступают на вход модуля МС-201, где преобразуются в соответствующий цифровой сигнал. Последний поступает в компьютер верхнего уровня Системы, с последующим вычислением компьютером значений измеряемых сигналов, где подвергаются быстрому преобразованию Фурье с выделением амплитуды спектральной составляющей виброскорости на роторной частоте.

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

МИВ состоит из измерителя влажности и температуры ИВТМ-7, который по сетевому протоколу передает соответствующие цифровые данные в компьютер верхнего уровня Системы, где эти данные преобразуются в соответствующий цифровой код с последующим вычислением компьютером значений измеряемого сигнала по известной градуировочной характеристике ИВТМ-7. Результаты измерений индицируются на мониторе, архивируются и оформляются в виде протоколов.

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 (далее - ПО) Системы разделено на метрологически значимую и незначимую части, реализовано в пакете обработки сигналов «Магнитограф» (ПОС-М 2.28b), 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 (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Пакет обработки сигналов «ПОС-М»
Номер версии (идентификационный номер) ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	v2.30b 2004
Цифровой идентификатор ПО	ee6b397e8a439fce25c8ac99ba7d5bd6
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	md5
Примечания	
1 ПО не может быть модифицировано, загружено или прочитано через какой-либо интерфейс после опломбирования	

### Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики Системы 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 0,05 до 127	$\pm 0,5\%$ от $0,5 R_{\max}^{1)}$ $\pm 0,5\%$ ИЗ <sup>2)</sup>
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 <sup>4)</sup>
Перепад между атмосферным и полным давлением воздуха на входе в ГТД, 1 ИК, кПа	от 0 до 2,5	$\pm 0,05\%$ *
Перепад между атмосферным и статическим давлениями на входе в ГТД, 2 ИК, кПа	от 0,1 до 25	$\pm(0,064 \dots 0,082) *^{5)}$

Продолжение таблицы 2

Измеряемые параметры, количество измерительных каналов (ИК), единицы измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой относительной (абсолютной*) погрешности
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 <sup>6)</sup>
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 <sup>6)</sup>
Атмосферное давление, (1 ИК), кПа	от 60 до 110	$\pm 0,067$ *
Температура воздуха на входе в двигатель, 1 ИК, °С (К)	от минус 40 до плюс 40 (от 233 до 313)	$\pm 0,5$ % ИЗ
Температура рабочих жидкостей, 3 ИК, °С	от минус 60 до плюс 120	$\pm 1,5$ % ВП
Электрическое напряжение постоянного тока, соответствующее значениям 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 0,2 до 100	$\pm 0,001$ % ВП - по частоте переменного тока ( $\pm 0,15$ % ВП - по частоте вращения ротора с учетом погрешности ПП)
Напряжение динамических сигналов, соответствующее значениям вибрационной скорости корпуса ГТД, 3 ИК, В	от 0,02 до 8,5	$\pm 0,5$ % ВП - по амплитуде электрического напряжения ((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	$\pm 2$ %

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 в таблице 3.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих температур, °С - в пультовой - в испытательном боксе	от плюс 10 до плюс 30 от минус 40 до плюс 40
Параметры электрического питания от сети переменного тока: - напряжение, В - частота, Гц - потребляемая мощность, кВт·А	от 187 до 242 от 49 до 51 10
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

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 4.

Таблица 4

Наименование	Кол-во	Примечание
Динамометрическая платформа (ДМП)	1	В составе МИС
Рычаг	1	В составе МИС
Датчик силы рабочий типа 2ТВС20	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)	3	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2140-02-У2-0,25/160 кПа (40; 250 кПа)	7	В составе МИД

Продолжение таблицы 4

Наименование	Кол-во	Примечание
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2140-02-У2-0,5/250 кПа (40; 250 кПа)	1	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2150-02-У2-0,25/600 кПа (400; 2500 кПа)	1	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2150-02-У2-0,25/2500 кПа (400; 2500 кПа)	2	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2150-02-У2-0,5/600 кПа (400; 2500 кПа)	2	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2160-02-У2-0,5/10 МПа (2,5; 16 МПа)	1	В составе МИД
Датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-Ех-ДИ-2170-02-У2-0,5/25 МПа (16; 100 МПа)	1	В составе МИД
Барометр регистрирующий сетевой БРС-1	1	В составе МИД
Термометры сопротивления П-77, Класс В	4	В составе МИТ
Термометры сопротивления П-63, Класс В1	2	В составе МИТ
Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7	1 на 3 стенда	В составе МИВ
Измерительный модуль типа МС-401	5	В составе МИРТ
Измерительный модуль типа МС-212	1	В составе МИС
Измерительный модуль типа МС-227С	2	В составе МИД
Измерительный модуль типа МС-227R	1	В составе МИТ
Измерительный модуль типа МС-227К	2	В составе МИТ
Измерительный модуль типа МС-451	1	В составе МИЧВР
Измерительный модуль типа МС-201	1	В составе МИВб
Источник бесперебойного питания UPS	1	
Усилитель - разветвитель сети HUB	1	
Шкаф (стойка) СВТ	1	
Кондиционер частотного сигнала	2	
Блок питания датчиков давления 22БП36	9	
Операторская станция на базе компьютера типа Pentium	1	
Руководство по эксплуатации РЭ МАРС-МЕРА 3М	1	
Методика поверки МП МАРС МЕРА 3М	1	

### Поверка

осуществляется в соответствии с документом МП МАРС МЕРА 3М «Система автоматизированная информационно-измерительная «МАРС МЕРА 3М». Методика поверки, утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» 24 .09.2015 г., ФГУП «ВНИИМС» 30.09.2015 г.

Идентификационные данные, а также процедура идентификации программного обеспечения приведены в разделе 3.5 документа «Руководство по эксплуатации. РЭ МАРС-МЕРА 3М»

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке средств измерений, так как условия эксплуатации Системы не обеспечивают его сохранность в течение всего интервала между поверками при нанесении на Систему.

Основные средства поверки:

- Датчики весоизмерительные тензорезисторные Т2 (Госреестр № 53838-13) совместно с прибором весоизмерительным Микросим-06 (Госреестр № 25939-03).
- Гири массой 100 кг, класс точности М<sub>1</sub> по ГОСТ OIML R111-1-2009.

- Мегаомметр Ф4102/2-1М (Госреестр № 9225-88).
- Аппарат испытания диэлектриков АИД-70 (Госреестр № № 34031-12).
- Вольтметр универсальный цифровой В7-38 (Госреестр № 8730-82).
- Уровень электронный с микроподачей ампулы Carl Zeiss (Госреестр № 10084-85).
- Термометр ртутный стеклянный лабораторный (Госреестр № 303-91).
- Набор гирь образцовые 4-го разряда ГО-4-1110, КГО-4-5 (Госреестр № 5603-76).
- Калибратор давления DPI-610 с внешним преобразователем избыточного давления (Госреестр № 16347-09).
- Калибратор могофункциональный TRX-ИР (Госреестр № 42789-09).
- Весы электронные лабораторные АД-5 (Госреестр № 31028-06).
- Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 (Госреестр № 5460-76).
- Вольтметр универсальный В7-46/1 (Госреестр № 11204-88).
- Линейка измерительная металлическая с пределом измерения 500 мм, (Госреестр № 20048-00).

### **Сведения о методиках (методах) измерений**

Руководство по эксплуатации «Система автоматизированная информационно-измерительная «МАРС МЕРА 3М». РЭ МАРС МЕРА 3М», раздел 4.

### **Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системе автоматизированной информационно-измерительной «МАРС МЕРА 3М»**

- 1 ОСТ 1 01021-93 Стенды для испытаний авиационных двигателей в наземных условиях. Общие технические требования;
- 2 ОТУ-2012 Общие технические условия на изготовление, ремонт, приёмку и поставку авиационных двигателей для воздушных судов;
- 3 Техническая документация изготовителя.

### **Изготовитель**

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «МЕРА» (ООО «НПП «МЕРА»)  
Юридический (почтовый) адрес: 141002, РФ, Московская область, г. Мытищи, ул. Колпакова, кор. 13.  
Телефон: +7 (495) 783-7159; Факс: +7 (495) 745-9893  
ИНН 5029023560

### **Заявитель**

Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «Сатурн» (ОАО «НПО «САТУРН»)  
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](mailto:saturn@npo-saturn.ru); Http: [www.npo-saturn.ru](http://www.npo-saturn.ru)

### **Испытательный центр**

Государственный центр испытаний средств измерений 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](mailto:avim@ciam.ru); Http: [www.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 г.



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

Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная, д.46

Тел./факс: (495)437-55-77 / 437-56-66

E-mail: [office@vniims.ru](mailto:office@vniims.ru), [www.vniims.ru](http://www.vniims.ru)

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

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п. « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.