

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «28» июня 2023 г. № 1331

Регистрационный № 60276-15

Лист № 1
Всего листов 9

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система автоматизированная измерения, управления и обработки параметров газотурбинных двигателей «ПАРУС-М9» (АС «ПАРУС-М9»)

Назначение средства измерений

Система автоматизированная измерения, управления и обработки параметров газотурбинных двигателей «ПАРУС-М9», (далее – Система) предназначена для измерений параметров газотурбинных двигателей (ГТД): частоты вращения ротора, температуры, избыточного давления и разности давлений жидкостей и газов, массового расхода топлива, параметров вибрации при проведении испытаний на испытательном стенде № 9.

Описание средства измерений

Архитектура построения Системы – многоуровневая.

Нижний уровень Системы состоит из первичных измерительных преобразователей (далее – ПИП), а так же станций сбора данных (далее – ССД), предназначенных для измерения и регистрации параметров испытуемого изделия и технологического оборудования, выдачи управляющих сигналов на исполнительные устройства стендовых систем по заранее заданным алгоритмам.

Верхний уровень Системы – это:

- сервера сбора данных, предназначенные для приема и объединения информационных потоков от ССД, обработки и регистрации параметров, передачи и хранения полученных данных, выдачи управляющих команд в ССД для выполнения заданных функций;
- автоматизированные рабочие места (далее – АРМ) персонала, предназначенные для обработки полученных данных, визуализации значений параметров на экране мониторов, записи на диск.

Принцип действия Системы основан на:

- преобразовании измеряемых физических величин (массового расхода топлива, давления газов и жидкостей, вибрации корпусов двигателя) в электрические сигналы при помощи ПИП;
- преобразовании электрических сигналов датчиков в цифровой код и вычисление значений измеряемых физических величин комплексами измерительно-вычислительными типа МИС (рег. № 20859-09) исполнения МИС-036R, комплексами измерительными магистрально-модульными типа МИС-М (рег. № 46517-11), НПП «Мера»;
- передачи результатов измерений по сети Ethernet от ССД на верхний уровень Системы;
- регистрации результатов измерений параметров на диске с одновременным выводом их на мониторах Системы.

Обмен информацией и командами между ССД, серверами и операторскими станциями АРМ, входящими в состав Системы, осуществляется по вычислительной сети Ethernet.

Программное взаимодействие между ССД и серверами в сети осуществляется посредством стандартного протокола OPC (OLE for Process Control).

Система является изделием с переменным составом измерительных каналов, который определяется исходя из поставленной измерительной задачи. В состав системы входят следующие измерительные каналы:

- частоты вращения роторов;
- массового расхода топлива;
- давлений воздуха (газов) и жидкости;
- температуры воздуха (газов) с применением термоэлектрических преобразователей ТХА и ТХК;
- температуры воздуха, жидкости с применением термопреобразователей сопротивления с номинальными статическими характеристиками Pt100, 100П, 100М;
- виброскорости (виброускорения) корпусов двигателя.

Конструктивно Система представляет собой стойки с аппаратурой, соединённые через кроссовые шкафы с датчиками физических величин, расположенными на испытуемом изделии и стендовом оборудовании.

Система работает следующим образом.

Принцип измерения частоты вращения роторов основан на законе электромагнитной индукции. Вращение ротора ГТД через редуктор передается к индуктору, «зубья» которого, при прохождении в непосредственной близости от торца постоянного магнита датчика типа ДЧВ-2500 (ДЧВ-18М), установленного непосредственно на испытуемом изделии, изменяют магнитный поток его сердечника и наводят ЭДС индукции в обмотках. На выходе датчика генерируется напряжение с частотой, пропорциональной частоте вращения ротора ГТД. Электрический сигнал датчика частоты вращения поступает на вход Системы, которая нормирует импульсы сигнала по амплитуде и форме, преобразует частоту импульсных сигналов в цифровой код и вычисляет ее значение, а затем по формуле вычисления физической величины – значение частоты вращения ротора.

Измерение массового расхода топлива осуществляется с помощью расходомеров массовых типа ProMass-83F (рег. № 37000-08). Принцип измерения массового расхода топлива основан на управляемом возбуждении сил Кориолиса. Эти силы всегда возникают в системе, в которой одновременно присутствуют поступательное и вращательное движения. Величина силы Кориолиса зависит от движущейся массы, скорости ее перемещения и, следовательно, массового расхода. Вместо постоянной угловой скорости в расходомере Promass реализуется колебательное движение. В расходомерах массовых типа ProMass-83F две параллельные измерительные трубки с перемещающейся средой колеблются в противофазе. Возникающие в измерительных трубках силы Кориолиса приводят к фазовому сдвигу в колебаниях трубы: при нулевом расходе (среда неподвижна), трубки колеблются синфазно; перемещение среды приводит к замедлению колебания трубки на входе и ускорению на выходе. Разность фаз увеличивается по мере увеличения массового расхода. Электродинамические датчики регистрируют колебания трубок на входе и выходе. Равновесие системы обеспечивается за счет колебания двух измерительных трубок в противофазе. В качестве выходных сигналов используются импульсные сигналы с частотой, пропорциональной массовому расходу топлива. Система нормирует импульсы сигнала по амплитуде и форме, преобразует частоту импульсных сигналов в цифровой код и вычисляет ее значение, а затем по формуле вычисления физической величины – значение массового расхода топлива.

В измерительных каналах давления воздуха (газов) и жидкостей преобразование измеряемых физических величин в унифицированный сигнал постоянного тока осуществляется с помощью датчиков давления типа РПГ-08 (рег. № 32045-06), преобразователей давления измерительных типа APC-2000PD, APR-2000PD (рег. № 48825 - 12). Принцип действия указанных измерительных каналов основан на зависимости выходного сигнала постоянного

тока датчиков давления от воздействия измеряемого давления на чувствительный элемент датчика. Выходной сигнал датчика поступает на вход комплекса типа МІС.

Система преобразует силу постоянного тока в цифровой код, вычисляется значение силы, а затем по индивидуальной функции преобразования измерительного канала – значение измеряемого давления.

Для измерения давления воздуха (газов) применяется также интеллектуальный сканер давления модели 9116 системы NetScanner (далее – NS 9116), фирмы Pressure Systems Incorporated, который представляет собой полностью автономное многоканальное устройство измерения дифференциального давления. С выхода NS 9116 информация с результатами измерения давлений передаётся по протоколу Ethernet через блок коммутационный МБР на ССД, где обрабатывается с помощью программного обеспечения Recorder.

Принцип действия измерительных каналов температуры воздуха (газов) и жидкостей заключается в преобразовании электрических аналоговых сигналов, поступающих от термоэлектрических преобразователей (ТП) и термопреобразователей сопротивления (ТС), в цифровой код и дальнейшей их обработке с помощью программного обеспечения Recorder.

Преобразование выходного сигнала ТП основано на зависимости термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) термопары от разности температур между «горячими» и «холодными» спаями. Измерение ТЭДС, температуры «холодного» спая ТП осуществляется с помощью комплексов типа МІС-М исполнения МІС-140.

Преобразование выходного сигнала ТС основано на зависимости изменения сопротивления ТС от температуры среды. Сигнал, пропорциональный изменению сопротивления, поступает на вход Системы, в котором преобразуется в цифровой код и вычисляется значение сопротивления, а затем по номинальной статической характеристике преобразования ТС типов Pt100, 100П, 100М – значение температуры.

Принцип действия измерительного канала виброскорости (виброускорения) основан на использовании вибропреобразователей типа МВ-43 (рег. № 16985-08), преобразующих механические колебания корпусов ГТД в электрический заряд, пропорциональный виброускорению. Электрические заряды переменной частоты от вибропреобразователя поступают на вход комплекса типа МІС-М исполнения МІС-236 и преобразуются с помощью усилителя заряда в напряжение. Выходное напряжение усилителя заряда, пропорциональное виброускорению корпуса ГТД, импульсные сигналы от датчиков частоты вращения с частотой, пропорциональные частоте вращения роторов ГТД, поступают на вход комплекса типа МІС-М исполнения МІС-553 РХІ и преобразуются в цифровой код. Система с помощью программного обеспечения MR-300 вычисляет значения амплитуды измеряемых напряжений, а затем с учетом индивидуальных характеристик измерительных каналов:

- амплитудное значение виброускорения корпуса двигателя;
- частота оборотов роторов двигателя в секунду;
- амплитудное значение виброскорости корпуса двигателя в привязке к частотам вращения его роторов.

Нанесение заводского номера на средство измерений не предусмотрено. Системе присвоен заводской номер № 01. Заводской номер указывается в формуляре на Систему типографским способом. Формат, способ и места нанесения заводских номеров измерительных компонентов, входящих в состав измерительных каналов (ИК) Системы приведены в формуляре на Систему.

Программное обеспечение

Программное обеспечение Системы включает общее программное обеспечение и специальное программное обеспечение.

В состав общего программного обеспечения входит операционная система MS Windows XP/Vista.

В состав специального программного обеспечения входят:

- «Recorder» – программа для проведения измерений медленноменяющихся сигналов;
- «MR-300» – программа для проведения измерений динамических сигналов;
- «rcPanel» – программа пульта управления испытаниями;
- «Парус-WIN» – пакет программ подготовки и проведения испытания (ПО клиентской части Системы).

Метрологически значимой частью специального ПО является метрологический модуль, имеющий следующие характеристики.

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Recorder (scales.dll)
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.0.8
Цифровой идентификатор ПО	24CBC163
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	CRC32 по IEEE 1059-1993

Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «высокий» в соответствии Р 50.2.077-2014.

Метрологические и технические характеристики

Диапазоны измерений и значения пределов погрешностей измерительных каналов Системы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование измеряемого параметра	Количество измерительных каналов	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности измерений
1	2	3	4
Частота вращения ротора, об/мин	3	от 3400 до 17000	$\pm 0,1$ % (относительная)
Массовый расход топлива, кг/ч	1	от 0 до 5100	$\pm 0,3$ % (приведенная) к диапазону измерений от 0 до $0,5 \cdot Y_{\max}$ $\pm 0,3$ % (относительная) в диапазоне измерений от $0,5 \cdot Y_{\max}$ до Y_{\max}
Температура воздуха (газов) по тракту ГТД, °С (К)	до 96	от - 40 до + 50 (от 223 до 323)	$\pm 1,3$ (абсолютная) без учета погрешности первичного преобразователя*
		от - 40 до + 150 (от 223 до 423)	
		от 0 до 700 (от 273 до 973)	
		от 0 до 1150 (от 273 до 1423)	
		от 0 до 1300 (от 233 до 1573)	
Температура рабочих жидкостей (топлива, масла), °С	до 16	от - 50 до + 60	$\pm 0,3$ (абсолютная) без учета погрешности первичного преобразователя*
		от - 50 до + 150	
		от - 50 до + 250	
Избыточное давление – разряжение воздуха (газов) по тракту ГТД, кПа (кгс/см ²)	до 200	от 0 до 196,133 (от 0 до 2)	$\pm 0,2$ % (приведенная) к диапазону измерений от 0 до $0,5 \cdot Y_{\max}$ $\pm 0,2$ % (относительная) в диапазоне измерений от $0,5 \cdot Y_{\max}$ до Y_{\max}
		от 0 до 294,199 (от 0 до 3)	
от 0 до 686,465 (от 0 до 7)			
от 0 до 1,716 (от 0 до 17,5)			
от 0 до 1,961 (от 0 до 20)			
от 0 до 2,941 (от 0 до 30)			
от 0 до 3,922 ** (от 0 до 40)			
от - 0,024 до + 4,413 (от - 0,25 до + 45)			
Избыточное давление - разряжение воздуха (газов) по тракту ГТД, МПа (кгс/см ²)			

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Избыточное давление воздуха (газов) по тракту ГТД, кПа (мм вод. ст.)	до 200	от - 16,671 до 0 (от - 1700 до 0)	± 0,2 % (приведенная) к диапазону измерений от 0 до 0,5·Y _{max} ± 0,2 % (относительная) в диапазоне измерений от 0,5·Y _{max} до Y _{max}
Разность давлений воздуха, кПа (мм вод. ст.)	до 100	от - 1,961 до 0 (от - 200 до 0)	± 0,019 (± 2) (абсолютная)
		от - 0,980 до 0 (от - 100 до 0)	
Избыточное давление жидкостей (масла, топлива), МПа (кгс/см ²)	до 32	от 0 до 9,806 (от 0 до 100)	± 1,0 % (приведенная)
		от 0 до 3,922 (от 0 до 40)	
		от 0 до 2,451 (от 0 до 25)	
		от 0 до 1,569 (от 0 до 16)	
		от 0 до 0,980 (от 0 до 10)	
		от 0 до 0,617 (от 0 до 6,3)	
Виброскорость корпусов и деталей ГТД (при вибрациях с частотами роторов), мм/с	до 4	от 0 до 100	по амплитуде ± (10,0 – 12,0) % (приведенная)
<p>Примечание – Y_{max} – значение диапазона измерений</p> <p>* с учетом ПИП рассчитывается по формуле $\Delta = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{\text{осн}}^2 + \Delta_{\text{доп}}^2 + \Delta_{\text{ВИК}}^2}$,</p> <p>где Δ – предел допускаемой абсолютной погрешности ИК в рабочих условиях, $\Delta_{\text{осн}}^2$ – предел допускаемой абсолютной основной погрешности ПИП, $\Delta_{\text{доп}}^2$ – предел допускаемой абсолютной дополнительной погрешности ПИП, $\Delta_{\text{ВИК}}^2$ – предел допускаемой абсолютной погрешности ВИК в рабочих условиях.</p> <p>** при использовании датчика с погрешностью (±0,25%) погрешность ИК ± 0,3% (приведенная)</p>			

Технические характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
1	2
Напряжение питания от сети переменного тока частотой (50 ± 1) Гц, В	от 187 до 242
Потребляемая мощность, ВА, не более	6000
Условия эксплуатации в кабине наблюдения и управления: – температура окружающего воздуха, °С – относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, % – атмосферное давление кПа, (мм рт. ст.)	от +15 до +30 до 80 от 93,3 до 106,7 (от 700 до 800)
Условия эксплуатации в закрытом испытательном боксе: – температура окружающего воздуха, °С – относительная влажность воздуха при температуре 25 °С – атмосферное давление кПа, мм рт. ст.	от - 40 до + 50 до 100 % от 93,3 до 106,7 (от 700 до 800)

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на эксплуатационную документацию типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплектность средства измерений приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Комплектность Системы

Наименование	Обозначение	Количество, шт./экз.
1	2	3
Сервер сбора данных		1
Станция сбора данных		4
Расходомерный комплект	ProMass-83F	1
Сканер давления	модели 9116 системы NetScanner™, серийные номера: 6246, 6262, 6269, 6300, 6303, 6304, 6305, 6310, 6312, 6703, 7229, 7231, 7237, 7240, 7255, 7263, 7265, 7266	До 18
Датчики давления	типа APC-2000PD	до 85
Датчики разности давлений	APR-2000PD	до 85
Датчик избыточного давления	РПГ-08-И	до 32
Измерительно-вычислительный комплекс	МІС-036R	до 4
Комплекс измерения температур магистрально-модульный	МІС-140	до 9
Комплекс измерительный магистрально-модульный	МІС-553 PXI	1

Наименование	Обозначение	Количество, шт./экз.
1	2	3
Комплекс измерительный магистрально-модульный	MIC-236	1

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Сетевой сервер	LANTIME	1
Блок синхронизации	ME-020B	2
Блок питания постоянного тока	БП96/24-1/600 DIN	до 35
Распределительный блок	МБР	2
Переключатель 8 портовый	KVM ADDERView 8 PRO DVI	1
Источник бесперебойного питания 220 В	–	9
Коммутатор Ethernet	–	6
Системный шкаф	DK 7820 710	7
Кроссовый шкаф	TS 8	2
Программа для проведения измерений медленноменяющихся сигналов	Recorder	1
Программа для проведения измерений динамических сигналов	MR-300	1
Пакет программ подготовки и проведения испытаний	ПАРУС-WIN	1
Руководство по эксплуатации		2
Формуляр	602.09.829 ФО	1

Сведения о методиках (методах) измерений

Методика (метод) измерений содержится в п 3.1.2 документа 602.09.829 ФО «Система автоматизированная измерения, управления и обработки параметров газотурбинных двигателей «ПАРУС-М9» (АС «ПАРУС-М9»). Формуляр».

Нормативные документы

ГОСТ 8.596-2002 «ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения».

ОСТ 1 01021-93. «Отраслевой стандарт. Стенды испытательные авиационных газотурбинных двигателей. Общие требования».

Изготовитель

Открытое акционерное общество «Авиадвигатель» (ОАО «Авиадвигатель»)

ИНН 5904000620

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, д. 93

Телефон +(342) 240-97-91, факс (342) 240-97-13

E-mail: office@avid.ru

Испытательный центр

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Пермском крае» (ФБУ «Пермский ЦСМ»)
Адрес: 614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Борчанинова, д. 85
Телефон (342) 236-31-00
Факс 236-23-46,
E-mail: pscsm@permcsm.ru
Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № RA.RU.311973.

в части вносимых изменений

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГБУ «ВНИИМС»)
Адрес: 119361, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Очаково-Матвеевское, ул. Озерная, д. 46
Телефон: (495) 437-55-77
Факс: (495) 437-56-66
Web-сайт: www.vniims.ru
E-mail: office@vniims.ru
Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № 30004-13.