

1110

СОГЛАСОВАНО

Начальник ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИ МО РФ



А. Ю. Кузин

2005 г.

Система измерительная СИ-1/ГТД	Внесена в Государственный реестр средств измерений Регистрационный № <u>31753-06</u> Взамен № _____
--------------------------------	---

Изготовлена в соответствии с технической документацией ОАО «ММП им. В.В.Чернышева», г. Москва, заводской номер 001.

Назначение и область применения

Система измерительная СИ-1/ГТД (далее - ИС) предназначена для измерений параметров газотурбинных двигателей (ГТД): давления и температуры жидкостей и газов; расхода топлива; расхода воздуха через ГТД; частоты вращения роторов; силы тяги; параметров вибрации корпуса ГТД.

ИС применяется в сфере обороны и безопасности при проведении стендовых испытаний ГТД.

Описание

Принцип работы ИС заключается в измерении параметров ГТД датчиками физических величин, преобразовании их в электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровой код с помощью крейтовой системы LTC-002/35 (далее – LTC) и передаче цифровой информации в персональный компьютер (ПК) для дальнейшего её использования в автоматизированной системе управления.

ИС представляет собой измерительную систему вида ИС-2 по ГОСТ Р 8.596-2002.

Функционально система состоит из 8 измерительных подсистем, включающих в себя измерительные каналы (ИК):

- подсистемы измерения силы тяги;
- подсистемы измерения частоты вращения роторов;
- подсистемы измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока;
- подсистемы измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСР) и сопротивления постоянному току;
- подсистемы измерения давления;
- подсистемы измерения расхода топлива;
- подсистемы измерения расхода воздуха;
- подсистемы измерения параметров вибрации.

Конструктивно ИС представляет собой стойку с аппаратурой, соединенную с датчиками физических величин линиями связи длиной до 50 м.

По условиям эксплуатации ИС удовлетворяет требованиям гр.1.1 УХЛ по ГОСТ РВ 20.39.304-98 с диапазоном рабочих температур от 10 до 30 °С и относительной влажностью воздуха до 80 % при температуре 25 °С без предъявления требований к механическим воздействиям.

Подсистема измерения силы тяги

Принцип действия подсистемы основан на воздействии силы тяги ГТД через динамометрическую платформу на тензометрический силоизмеритель, вследствие чего происходит разбалансировка его тензометрического моста, выходной сигнал которого, пропорциональный приложенной силе, поступает в устройство согласования с объектом (УСО) системы LTC, где преобразуется в цифровой код, регистрируемый затем ПК.

Подсистема измерения частоты вращения роторов

Принцип действия подсистемы основан на законе электромагнитной индукции. При каждом прохождении «зуба» индукторной шестерни вблизи торца постоянного магнита датчика ДЧВ-2500 образуется ЭДС индукции. Импульсные сигналы поступают на модуль преобразования частоты. Далее преобразованные импульсы поступают в систему LTC и ПК, где программно вычисляется значение измеряемой частоты.

Подсистема измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока

Принцип действия подсистемы основан на зависимости термо-ЭДС, возникающей в термоэлектродных проводниках, от разности температур между «горячими» и «холодными» спаями.

Значение термо-ЭДС преобразуется LTC в цифровой код, поступающий в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК вычисляется значение напряжения, соответствующее измеряемой температуре, и по номинальной статической характеристике преобразования термопар ХА, ХК с учетом температуры холодного спая - значение температуры.

Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП) и сопротивления

Принцип действия подсистемы основан на зависимости изменения сопротивления термопреобразователя от температуры среды. Сигнал, пропорциональный изменению сопротивления, преобразуется с помощью LTC в цифровой код, поступающий в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК вычисляется значение сопротивления и по номинальной статической характеристике преобразования ТСП, ТСМ – значение температуры.

Подсистема измерения давления

Принцип действия основан на зависимости выходного электрического сигнала датчиков давления (напряжение или частота) от воздействия измеряемого давления на чувствительный элемент датчика. Электрический сигнал датчика преобразуется LTC в цифровой код, регистрируемый ПК.

Подсистема измерения расхода топлива

Принцип действия подсистемы основан на косвенном измерении массового расхода топлива по частотному сигналу турбинных преобразователей расхода и плотности топлива. Определение массового расхода топлива происходит по программе ПК.

Подсистема измерения расхода воздуха

Принцип действия подсистемы основан на использовании уравнения Бернулли, устанавливающего зависимость между изменением скоростного напора и перепадом давления на сужающем устройстве, расположенном на входе в ГТД, и последующем расчете расхода воздуха по результатам проведенных измерений с использованием значений геометрических размеров сужающего устройства, эмпирических коэффициентов и физических констант для воздуха. Сужающее устройство представляет собой расходомерный коллектор (РМК), расположенный на входе ГТД и выполненный в соответствии с требованиями ОСТ 1 02555-85.

Подсистема измерения параметров вибрации

Принцип действия подсистемы основан на использовании пьезоэлектрических датчиков вибрации, преобразующих виброскорость корпуса ГТД в электрический заряд, поступающий на виброаппаратуру ИВ-Д-СФ-3М. Выходное напряжение постоянного тока виброаппаратуры, пропорциональное амплитуде виброскорости на частотах роторных гармоник двигателя, преобразуется LTC в цифровой код, регистрируемый ПК.

Основные метрологические характеристики.

Подсистема измерения силы тяги

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кгс	Пределы допускаемой погрешности, %
Сила от тяги двигателя	от 1000 до 10000	$\pm 0,5$ от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП $\pm 0,5$ от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП (ВП - верхний предел измерений, ИЗ – измеренное значение)

Подсистема измерения частоты вращения роторов

Наименование измеряемого параметра		Диапазон измерений, Гц	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Частота вращения ротора	вентилятора	от 300 до 3200	$\pm 0,15$ ВП = 3200 Гц
	компрессора	от 300 до 3700	$\pm 0,15$ ВП = 3700 Гц

Подсистема измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока.

Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП) и сопротивления постоянному току

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура газа за турбиной низкого давления (ТНД)	от 273 до 1273 К	± 1 % от ВП
Температура газа за ТНД (по термопаре открытого спая)	от 273 до 1273 К	± 1 % от ВП
Температура воздуха на входе в двигатель	от 223 до 323 К	$\pm 0,5$ % от ИЗ
Температура холодного спая	от 223 до 323 К	$\pm 0,5$ % от ИЗ
Температура масла на выходе из откачивающих насосов двигателя	от 0 до 250 °С	$\pm 1,5$ % от НЗ (НЗ – нормированное значение) НЗ=250 °С
Температура топлива на входе в двигатель	от минус 50 до 50 °С	$\pm 1,5$ % от НЗ НЗ=100 °С

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК	от 0 до 50 мВ	$\pm 0,3$ % от ВП
Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ТСП, ТСМ	от 46 до 146 Ом	$\pm 0,2$ Ом

Подсистема измерения давления

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Атмосферное давление	от 720 до 800 мм рт. ст.	$\pm 0,5$ мм рт.ст.
Давление воздуха (газа) по тракту ГТД	от 0 до 20 кгс/см ²	$\pm 0,5$ % от ВП
Перепад между полным давлением на входе РМК и статическим давлением в мерном сечении (рабочий и контрольный ИК)	от 0 до 20 кПа (от 0 до 2000 мм вод. ст.)	$\pm 0,5$ % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП
Перепад между атмосферным давлением и полным давлением на входе в РМК (рабочий и контрольный ИК)	от 0 до 1,6 кПа (от 0 до 160 мм вод. ст.)	5 мм вод.ст.
Давление рабочих жидкостей (топлива, масла)	от 0 до 60 кгс/см ²	± 1 % от ВП

Подсистема измерения расхода топлива

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/ч	Пределы допускаемой погрешности, %
Массовый расход топлива	от 350 до 20000	0,5 от ИЗ

Подсистема измерения расхода воздуха

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/с	Пределы допускаемой погрешности, %
Массовый расход воздуха	от 58 до 83	$\pm 0,7$ от ИЗ

Подсистема измерения параметров вибрации

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, мм/с	Пределы допускаемой погрешности, %
Виброскорость двигателя в контрольных точках	от 0 до 100	± 10 от ВП

Общие характеристики

Потребляемая мощность, Вт, не более.....	60.
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм, не более.....	485 x 350 x 135.
Масса, кг,	6,7.
Питание от сети переменного тока:	
- напряжение переменного тока, В.....	220 ± 22;
- частота переменного тока, Гц.....	50±1.
Рабочие условия эксплуатации.	
В помещении пультовой:	
- температура воздуха, °С (К).....	20 ± 5 (от 288 до 298);
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %.....	65 ± 15;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....	от 720 до 800 (от 96 до 106,7).
В испытательном боксе:	
- температура воздуха, °С (К).....	от минус 30 до 40 (от 243 до 313);
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %.....	до 90;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа).....	от 720 до 800 (от 96 до 106,7).
Срок службы, лет.....	10.
Средняя наработка на отказ, ч.....	10000.

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится методом наклейки на лицевую панель стойки с аппаратурой и на титульный лист руководства по эксплуатации.

Комплект поставки

В комплект поставки входят: комплект измерительной аппаратуры, комплект датчиков физических величин, персональный компьютер, программное обеспечение, комплект кабелей и соединителей, комплект эксплуатационной документации, методика поверки.

Поверка

Поверка ИС осуществляется в соответствии с документом «Система измерительная СИ-1/ГТД. Методика поверки. 032-040-05МП», утвержденным начальником ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ в апреле 2006 г. и входящим в комплект поставки.

Средства поверки: манометры избыточного давления грузопоршневые МП-6, МП-60 и МП-600 (кл.т. 0,05); калибратор давления DPI, мод. 610 (кл.т. 0,025); программируемый прибор для поверки вольтметров В1-13 (погрешность $5 \cdot 10^{-5} + 40$ мкВ в диапазоне от 10 мкВ до 10В.); генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 (погрешность не более $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ %); магазин сопротивления МСР-63 (кл. т. 0,05); датчик весоизмерительный тензорезисторный С-2 (кл. т. 0,04); преобразователь электрический 8305 (чувствительность 0,125 пКл/м.с2, погрешность ± 3 %); барометр цифровой БРС-1М-1 (погрешность не более ± 33 Па); гигрометр «Волна-5» (погрешность не более $\pm 2,5$ %); калибратор температуры Fluke серии 500, модель 518 (погрешность не более $\pm 0,25$ °С); установка трубопоршневая ЭГА-20 (погрешность не более $\pm 0,15$ %); термометр стеклянный ртутный лабораторный ТЛ-4 (погрешность не более $\pm 0,2$ °С); ареометр АНТ-1 (погрешность 0,5 кг/м³).

Межповерочный интервал – 1 год.

Нормативные и технические документы

ГОСТ 8.065-85 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы.

МИ 2070-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот.

ГОСТ 8.142-75 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений массового расхода жидкости в диапазоне $1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^3$ кг/с.

ГОСТ 8.017-79 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа.

ГОСТ 8.187-76 ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений разности давлений до $4 \cdot 10^4$ Па.

ГОСТ 8.223-76 ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $2,7 \cdot 10^2 \dots 4000 \cdot 10^2$ Па.

ГОСТ 8.558-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.

ГОСТ 8.369-79 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерения массового расхода газа в диапазоне $4 \cdot 10^{-2} \dots 2,5 \cdot 10^2$ кг/с.

ГОСТ 8.129-99 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения времени и частоты.

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

ГОСТ 8.596-2002 ГСИ. Системы измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

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

Заключение

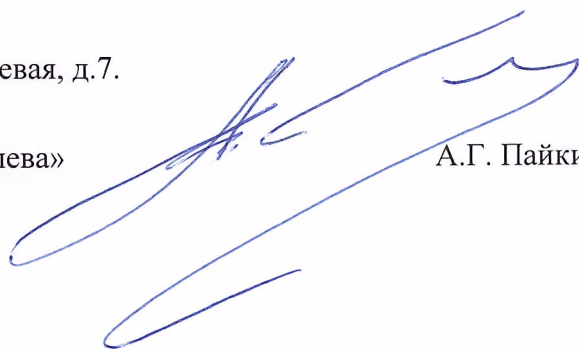
Тип системы измерительной СИ-1/ГТД утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации согласно государственным поверочным схемам.

Изготовитель

ОАО «ММП им. В.В.Чернышева»,

Адрес: г. Москва, Северо-Западный округ, ул. Вишневая, д.7.

Технический директор ОАО «ММП им. В.В.Чернышева»



А.Г. Пайкин