

СОГЛАСОВАНО

1665

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ



А.Ю. Кузин

«27» 06 2008 г.

Система измерительная СИ-2/ГТД-55И

Внесена в Государственный реестр
средств измерений
Регистрационный № _____
Взамен № _____

Изготовлена по технической документации ОАО «УМПО», г. Уфа. Заводской номер № 001.

Назначение и область применения

Система измерительная СИ-2/ГТД-55И (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 от тяги, параметров вибрации корпуса ГТД, прокачки масла, угловых перемещений элементов ГТД, а также сопротивления постоянному току, напряжения и силы постоянного тока.

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

Описание

Принцип работы ИС заключается в измерении параметров ГТД первичными измерительными преобразователями (ПП), преобразовании их в электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровой код с помощью аналого-цифрового преобразователя (далее - АЦП) и передаче цифровой информации в промышленный компьютер (ПК) для дальнейшего её использования в автоматизированной системе управления технологическим процессом испытания (АСУТП-И).

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

Функционально система содержит 10 типов каналов измерения (ИК) параметров ГТД:

- ИК силы от тяги;
- ИК частоты вращения роторов;
- ИК прокачки масла;
- ИК температуры термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры;
- ИК температуры термометрами сопротивления и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры;
- ИК давления и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления;
- ИК расхода топлива;
- ИК расхода воздуха;
- ИК параметров вибрации;
- ИК угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям.

Конструктивно система представляет собой размещенные в пультовой 3 шкафа с ПК и аппаратурой сбора и преобразования сигналов, выполненной в виде модулей и соединенной с (ПП), размещенными в испытательном боксе, линиями связи длиной до 30 м. В основе системы заложены четыре одноплатных ПК, через которые организуется работа всей системы по сбору информации с ПП, ее анализу, представлению всей нужной информации на 4-х мониторах, хра-

нению данных, ведению печатного протокола. ПК объединены между собой локальной сетью и представляют собой единый измерительно-вычислительный комплекс (ИВК), который, кроме того, соединен с цеховым сервером (персональный компьютер) для передачи информации на более высокий уровень.

По условиям эксплуатации система удовлетворяет требованиям гр.1.1 УХЛ ГОСТ РВ 20.39.304-98, с диапазоном рабочих температур от 15 до 25 °С при относительной влажности воздуха от 30 до 80 % при температуре 25 °С без предъявления требований к механическим воздействиям, статической (динамической) пыли/песка, специальных сред.

ИК силы от тяги

Принцип действия ИК основан на воздействии силы от тяги ГТД через динамометрическую платформу на тензометрический силоизмеритель, вследствие чего происходит разбалансировка тензометрического моста, выходной сигнал которого пропорционален приложенной силе, преобразуется электронным весовым терминалом в последовательный код, передаваемый по интерфейсу RS-485 на ИВК, где регистрируется, с последующим вычислением значения измеряемой силы по индивидуальной градуировочной характеристике ИК.

ИК частоты вращения роторов

Принцип действия ИК основан на законе электромагнитной индукции. При каждом прохождении «зуба» индукторной шестерни вблизи торца постоянного магнита магнитоиндукционного ПП ДЧВИ в его обмотке образуется ЭДС индукции. Электрические импульсы напряжения с выхода обмотки датчика, частота следования которых пропорциональна частоте вращения ротора, поступают на вход модуля нормализации, которое преобразует частотный сигнал в значение напряжения постоянного тока, которое поступает на вход АЦП, где сигнал преобразуется в цифровой код, регистрируемый в ПК, с последующим вычислением значения измеряемой частоты вращения с использованием функции преобразования ИК.

ИК прокачки масла

Принцип действия ИК основан на измерении объемного расхода (прокачки) масла турбинными преобразователями расхода (ТПР). Поток жидкости, проходящий по трубопроводу, приводит во вращение турбину ТПР, угловая скорость которой пропорциональна скорости движения жидкости в трубопроводе и, соответственно, – объемному расходу. В результате на выходе встроенного в ТПР магнитоиндукционного датчика появляется электрический сигнал переменного тока, частота которого пропорциональна измеряемому расходу. Частотный сигнал поступает на вход модуля нормализации, которое преобразует его в значение напряжения постоянного тока, которое поступает на вход АЦП, преобразующее напряжение постоянного тока в цифровой код, регистрируемый в ПК, где по программе с учетом градуировочной характеристики ТПР вычисляется значение прокачки масла.

ИК температуры термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры

Принцип действия ИК измерения температуры основан на зависимости термо-ЭДС, возникающей в термоэлектродных проводах термоэлектрических преобразователей ХА, ХК от разности температур между «горячими» и «холодными» спаями.

Значение термо-ЭДС поступает на вход модуля нормализации, с выхода которого усиленное напряжение постоянного тока поступает на вход АЦП, где электрический сигнал преобразуется в цифровой код, который передается в ПК, где, с учетом градуировочной характеристики термоэлектрического преобразователя, вычисляется значение измеренной температуры. Учет температуры холодного спая для (ХА) осуществляется аппаратно внутри модуля нормализации. Для термопар ХК учет температуры холодного спая выполняется программным путем, с использованием показаний датчика измерения температуры холодного спая, расположенного в масляной ванне в боксе.

Принцип действия каналов измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, основан на преобразовании АЦП указанного напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения с использованием индивидуальной функции преобразования ИК.

ИК температуры термометрами сопротивления

и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры

Принцип действия ИК измерения температуры термометрами сопротивления основан на зависимости изменения сопротивления ПП от температуры среды. Сопротивление постоянному току термометра сопротивления преобразуется модулем нормализации SCM5B35 в значение напряжения постоянного тока, которое АЦП преобразует в цифровой код, поступающий в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК с учетом номинальной статической характеристики термометра сопротивления вычисляется значение измеренной температуры.

Принцип действия ИК измерения сопротивления постоянному току, соответствующего значению температуры, основан на преобразовании модулем нормализации SCM5B35 значения сопротивления в значение напряжения постоянного тока, которое АЦП преобразует в цифровой код, с последующим определением по программе ПК значения измеренного сопротивления.

ИК давления и силы постоянного тока, соответствующего значениям давления

Принцип действия ИК измерения давления основан на зависимости выходного сигнала ПП давления от значений перемещения или деформации чувствительного элемента датчика под действием измеряемого давления (абсолютного, избыточного) или перепада давления. Значение силы постоянного тока от ПП поступает на модуль нормализации SCM5B42-01, на выходе которого создается напряжение постоянного тока, которое АЦП преобразует в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением значений измеряемого давления по известной градуировочной характеристике ИК.

Принцип действия ИК измерения силы постоянного тока, соответствующего значению давления, основан на преобразовании модулем нормализации SCM5B42 значения постоянного тока в значение напряжения постоянного тока, которое АЦП преобразует в цифровой код, поступающий в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК по программе вычисляется значение измеренной силы тока.

ИК расхода топлива

Принцип действия ИК основан на измерении массового расхода топлива кориолисовым ПП расхода MicroMotion 7050F T10. Чувствительный элемент датчика расхода представляет собой прямую, гладкую и короткую измерительную трубу. Измерительная труба совершает вынужденные колебания под действием электромагнита, установленного по ее центру. При прохождении топлива через измерительную трубу возникающие кориолисовы силы вызывают фазовое смещение колебаний противоположных концов трубок, измеряемое с помощью детекторов скорости. Сигналы с детекторов поступают на вторичный преобразователь MFG 050 датчика расхода, с выхода которого информация об измеренном значении массового расхода топлива поступает по интерфейсу RS-485 на ПК.

ИК расхода воздуха

Принцип действия ИК основан на использовании уравнения Бернулли, устанавливающего зависимость между изменением скоростного напора и перепадом давления на сужающем устройстве, расположенном на входе в ГТД, и на последующем расчете массового 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.

ИК параметров вибрации

Принцип действия ИК основан на использовании пьезоэлектрических датчиков вибрации, преобразующих виброускорение корпуса ГТД или его узлов в значения электрического заряда, который поступает на виброизмерительную аппаратуру, осуществляющую преобразование сигнала в полосе рабочих частот в напряжение переменного тока с амплитудным значением, пропорциональным виброскорости. С выхода виброаппаратуры напряжение переменного тока поступает на модуль нормализации SCM5B41, затем поступает на АЦП, где происходит преобразование напряжения переменного тока в цифровой код, который передается в ПК, где по программе с использованием индивидуальной функции преобразования ПП данного ИК определяется значение виброскорости.

ИК угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям

Принцип действия ИК измерения угловых перемещений основан на преобразовании с помощью следящей системы (БСС- блок следящих систем), включающей сельсин-датчик и сельсин-приемник, углов поворота элементов двигателя в соответствующее им напряжение постоянного тока. Напряжение поступает на вход модуля нормализации, с выхода которого поступает на вход АЦП, где преобразуется в цифровой код, который передается в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК преобразуется в значение угла.

Принцип действия ИК измерения напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям, основан на преобразовании с помощью АЦП напряжения постоянного тока в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением по программе значений измеряемого углового перемещения с использованием индивидуальной функции преобразования ИК.

Основные технические характеристики

ИК силы от тяги

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кгс	Пределы допускаемой погрешности
Сила от тяги	от 490 до 23522 Н (от 50 до 2400 кгс)	$\pm 0,3\%$ от ВП в диапазоне от 50 до 1000 кгс (ВП=1000 кгс - верхний предел диапазона измерений), $\pm 0,3\%$ от ИЗ в диапазоне от 1000 до 2400 кгс (ИЗ - измеренное значение)

ИК частоты вращения роторов

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, Гц	Пределы допускаемой погрешности
Частота вращения ротора вентилятора	от 648 до 7128	$\pm 0,1\%$ от ВП
Частота вращения ротора компрессора	от 281,76 до 3099,36	

*ИК температуры термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК
и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры.*

*ИК температуры термометрами сопротивления
и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура атмосферного воздуха	от 223 до 323 К	$\pm 0,3$ % от ИЗ
Температура воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 6) (количество каналов – 3) (количество каналов – 2) (количество каналов – 1)	от 223 до 323 К от 273 до 473 К от 273 до 873 К от 273 до 973 К	$\pm 0,3$ % от ИЗ $\pm 0,5$ % от ВП $\pm 0,5$ % от ВП $\pm 0,5$ % от ВП
Температура рабочих жидкостей (количество каналов – 5) (количество каналов – 1) (количество каналов – 1)	от 273 до 473 К (от 0 до 200°C) от 273 до 493 К (от 0 до 220°C) от 273 до 523 К (от 0 до 250°C)	$\pm 1,0$ % от НЗ (НЗ = 200°C) $\pm 1,0$ % от НЗ (НЗ = 220°C) $\pm 1,0$ % от НЗ (НЗ = 250°C) (НЗ - нормированное значение)
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК (количество каналов с ХА – 88) (количество каналов с ХК – 8)	от минус 2 до 55 мВ	$\pm 0,25$ % от ВП
Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей сопротивления (количество каналов – 29)	от 80 до 200 Ом	$\pm 0,1$ % от ВП ВП=200 Ом

*ИК давления и силы постоянного тока,
соответствующего значениям давления*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Атмосферное давление воздуха	от 93,3 до 106,7 кПа (от 700 до 800 мм рт. ст.)	± 67 Па ($\pm 0,5$ мм рт.ст.)
Избыточное полное давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов -7) (количество каналов – 3) (количество каналов – 1) (количество каналов -4)	от 0 до 0,049 МПа (от 0 до 0,5 кгс/см ²) от 0 до 0,343 МПа (от 0 до 3,5 кгс/см ²) от 0 до 0,49 МПа (от 0 до 5 кгс/см ²) от 0 до 0,981 МПа (от 0 до 10 кгс/см ²)	$\pm 0,3$ % от ВП

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Избыточное статическое давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 3) (количество каналов – 8) (количество каналов -1)	от 0 до 0,196 МПа (от 0 до 2,0 кгс/см ²) от 0 до 0,294 МПа (от 0 до 3,0 кгс/см ²) от 0 до 1,96133 МПа (от 0 до 20 кгс/см ²)	$\pm 0,3 \%$ от ВП
Избыточное давление рабочих жидкостей (топлива, масла) ГТД (количество каналов – 1) (количество каналов – 3) (количество каналов – 2)	от 0 до 0,098 МПа (от 0 до 1 кгс/см ²) от 0 до 0,588МПа (от 0 до 6,0 кгс/см ²) от 0 до 5,884 МПа (от 0 до 60 кгс/см ²)	$\pm 1 \%$ от НЗ
Перепад между полным давлением на входе в расходомерный коллектор (РМК) и статическим давлением в мерном сечении (количество каналов – 4)	от 0 до минус 25 кПа (от 0 до 2500 мм вод. ст.)	$\pm 0,3 \%$ от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП $\pm 0,3 \%$ от ИЗ в диапазоне от 0,5 ВП до 1,0ВП (ВП = 25 кПа)
Перепад между атмосферным давлением и полным давлением на входе в РМК (количество каналов – 2)	от 0 до минус 1,6 кПа (от 0 до 160 мм вод. ст.)	± 50 Па
Сила постоянного тока, соответствующая значениям давления (количество каналов – 137)	от 4 до 20 мА	$\pm 0,1 \%$ от ВП

ИК расхода топлива

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/ч	Пределы допускаемой погрешности
Массовый расход топлива	от 10 до 6000	$\pm 0,3 \%$ от ВП в диапазоне от 10 до 500 кг/ч (ВП=500 кг/ч) $\pm 0,3 \%$ от ИЗ в диапазоне от 500 до 6000 кг/ч

ИК параметров расхода воздуха

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/с	Пределы допускаемой погрешности
Массовый расход воздуха (количество каналов – 2)	от 21 до 32	$\pm 0,5 \%$ от ИЗ

ИК прокачки масла

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, л/мин	Пределы допускаемой погрешности
Прокачка масла	от 20 до 25	$\pm 1,0 \%$ от ВП

ИК параметров вибрации

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Виброскорость двигателя в контрольных точках в диапазоне частот от 50 до 500 Гц (количество каналов – 6)	от 0 до 100 мм/с	$\pm 10\%$ от ВП

ИК угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Напряжение постоянного тока, соответствующее угловым перемещениям (количество каналов -1)	от 0 до 10 В	$\pm 0,1\%$ от ВП
Угловые перемещения РУД	от 0 до 100 °	$\pm 0,5^\circ$

Общие характеристики

Параметры электропитания:

- напряжение переменного тока, В.....220 \pm 22;
- частота переменного тока, Гц.....50 \pm 1;
- Потребляемая мощность, не более, Вт.....5000.

Габаритные размеры и масса ИС соответствуют значениям, указанным в таблице.

Таблица.

Обозначение	Составная часть	Габаритные размеры, мм, не более			Масса, кг, не более
		Длина	Ширина	Высота	
Шкаф СИ-2/ГТД-55И	Секция 1	800	600	1800	170
Шкаф СИ-2/ГТД-55И	Секция 2	800	600	1800	170
Шкаф СИ-2/ГТД-55И	Секция 3	800	600	1800	170

Рабочие условия эксплуатации

В помещении пультовой:

- температура воздуха, °С (К) 20 \pm 5 (от 288 до 298);
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, % 65 \pm 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.

Комплектность

В комплект поставки входят: комплект измерительной аппаратуры, комплект первичных преобразователей, персональные компьютеры, программное обеспечение, комплект кабелей и соединителей, комплект эксплуатационной документации, методика поверки.

Поверка

Поверка системы осуществляется в соответствии с документом «Система измерительная СИ-2/ГТД-55И. Методика поверки 279.01.55.000 МП», утвержденным начальником ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ в июне 2008 г. и входящим в комплект поставки.

Средства поверки: калибратор давления DPI 610 «Druck» (диапазон воспроизведения давления от минус 0,1 до 2,0 МПа, погрешность не более $(0,025 + 1 \text{ ед. м.р.}) \%$); манометры грузопоршневые МП-6, МП-60, МП-600 (диапазон воспроизведения давления от 0 до 600 кгс/см², погрешность не более 0,05 %); калибратор многофункциональный TRX-II-R (диапазон воспроизведения сопротивления от 0 до 400 Ом, погрешность не более $(0,005 \%$ от показаний $+0,008 \%$ от диапазона $+1 \text{ ед.м.р.})$), диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от минус 10 до 100 мВ, погрешность не более $(0,003 \%$ от показаний $+0,004 \%$ от диапазона $+1 \text{ ед.м.р.})$), диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от 0 до 12 В, погрешность не более $(0,004 \%$ от показаний $+0,002 \%$ от диапазона $+1 \text{ ед.м.р.})$), диапазон воспроизведения силы постоянного тока от 0 до 24 мА, погрешность не более $(0,012 \%$ $+1 \text{ ед. м.р.})$; магазин сопротивлений P4831 (диапазон воспроизведения сопротивления от 0,002 до 11111,10 Ом; класс точности $0,02/2 \cdot 10^{-6}$); калибратор температуры FLUKE серия 500, модель 518 (диапазон воспроизведения температуры от минус 30 до 670 °С, погрешность не более 0,25 °С); датчик весоизмерительный тензорезисторный М65 (наибольший предел измерения 5 тс, погрешность не более 0,05 %); генератор сигналов низкочастотный ГЗ-110 (диапазон воспроизведения частоты от 0,01 Гц до 10 МГц, погрешность не более $5 \cdot 10^{-5} \%$); преобразователь электрический 8305 (чувствительность 0,125 пКл/м·с², погрешность не более 3 %); барометр рабочий сетевой БРС-1М-3 диапазон измерения от 800 до 1100 гПа (от 600 до 825 мм рт.ст.), погрешность не более 0,33 гПа; головка оптическая делительная ОДГ-60 (диапазон воспроизведения от 0 до 360°, погрешность 20"); генератор сигналов низкочастотный ГЗ-117 (диапазон воспроизведения частот от 20 Гц до 200 кГц, погрешность не более $(2 \cdot 10^{-5} f + 0,01) \%$); вольтметр универсальный цифровой В7-38 (диапазон измерения напряжения переменного тока на частотах от 40 Гц до 10 кГц от 10 мкВ до 300 В, погрешность не более $(0,05 + 0,1 U_n / U_x) \%$); психрометр аспирационный М-34 (диапазон измерения влажности от 0 до 100 %, погрешность не более 2,0 %); термометр ртутный стеклянный лабораторный ТМ-6 (диапазон измерения температур от минус 30 до плюс 50 °С, цена деления 0,2 °С).

Межповерочный интервал – 3 года для подсистемы измерения расхода топлива, 2 года для подсистемы измерения силы тяги, 1 год – для остальных подсистем.

Нормативные и технические документы

ГОСТ РВ 20.39.304-98.

ГОСТ 8.596-2002 ГСОЕИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.

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

279.01.55.000 РЭ. Система измерительная СИ-2/ГТД-55И. Руководство по эксплуатации.

Заключение

Тип системы измерительной СИ-2/ГТД-55И утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации.

Изготовитель

ОАО «УМПО»,
450039, г.Уфа, ул.Ферина, 2

Технический директор
ОАО «УМПО»



С.П. Павлич.ч.