

1172

СОГЛАСОВАНО

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ



А.Ю.Кузин

2006 г.

Системы измерительные СИ-РД33	Внесены в Государственный реестр средств измерений Регистрационный № <u>32348-06</u> Взамен № _____
-------------------------------	---

Изготовлены в соответствии с технической документацией ФГУП «Завод им. В.Я. Климова», г. С.Петербург, заводские номера 001, 002, 003.

Назначение и область применения

Системы измерительные СИ-РД33 (далее - ИС) предназначены 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; угловых перемещений; интервалов времени, а также сопротивления постоянному току и напряжения постоянного тока.

ИС применяются 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 устройства измерительно-управляющего УИУ 2002 (далее - УИУ) и передаче цифровой информации в персональный компьютер (ПК) для дальнейшего её использования в автоматизированной системе управления технологическим процессом испытания (АСУТП-И).

ИС представляют собой измерительные системы вида ИС-2 по ГОСТ Р 8.596-2002.

Функционально системы состоят из 10 измерительных подсистем, включающих в себя измерительные каналы (ИК):

- подсистемы измерения силы от тяги;
- подсистемы измерения частоты вращения роторов;
- подсистемы измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры;
- подсистемы измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры;
- подсистемы измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления;
- подсистемы измерения расхода топлива;
- подсистемы измерения расхода воздуха;
- подсистемы измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации;
- подсистемы измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения;
- подсистемы измерения интервалов времени.

Конструктивно ИС представляют собой стойку с аппаратурой, расположенную в помещении пультовой и соединенную с датчиками физических величин линиями связи длиной до 50 м.

По условиям эксплуатации ИС удовлетворяют требованиям гр.1.1 УХЛ 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 от тяги

Принцип действия подсистемы 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 и преобразуется весовым терминалом в сигнал (4-20) мА, поступает на УИУ, где преобразуется в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением значения измеряемой силы по известной градуировочной характеристике.

Подсистема измерения частоты вращения роторов

Принцип действия подсистемы основан на законе электромагнитной индукции. При каждом прохождении «зуба» индукторной шестерни вблизи торца постоянного магнита датчика образуется ЭДС индукции. Импульсные сигналы поступают на УИУ, где преобразуются в цифровой код, регистрируемый в ПК, где по программе вычисляется значение частоты вращения роторов.

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

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

Значение термо-ЭДС преобразуется УИУ 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 вычисляется значение температуры.

Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры

Принцип действия подсистемы основан на зависимости изменения сопротивления термопреобразователя от температуры среды. Сопротивление постоянному току термопреобразователя измеряется УИУ и в виде цифрового кода передается в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК вычисляется значение температуры.

Подсистема измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления

Принцип действия подсистемы основан на зависимости выходного сигнала датчиков давления от значений перемещения или деформации чувствительного элемента датчика, вызванной воздействием измеряемого давления. Напряжение постоянного тока от датчика преобразуется УИУ в цифровой код, регистрируемый ПК с последующим вычислением значений измеряемого давления по известной градуировочной характеристике.

Подсистема измерения расхода топлива

Принцип действия подсистемы основан на косвенном измерении массового расхода топлива по частоте электрического сигнала 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 на последующем расчете расхода воздуха по результатам проведенных измерений с использованием значений геометрических размеров сужающего устройства, эмпирических коэффициентов и физических констант для воздуха. Су-

жающее устройство представляет собой расходомерный коллектор (РМК), расположенный на входе ГТД и выполненный в соответствии с требованиями ОСТ 1 02555-85.

Подсистема измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации

Принцип действия подсистемы основан на использовании пьезоэлектрических датчиков вибрации, преобразующих виброскорость корпуса ГТД в значения электрического заряда, которые далее преобразуются в значения напряжения постоянного тока, соответствующее значениям виброскорости на частотах роторных гармоник, поступают на вход УИУ, с выхода которого передаются в виде цифрового кода в ПК с последующим вычислением параметров измеряемой вибрации.

Подсистема измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения

Принцип действия подсистемы основан на преобразовании с помощью следящей системы, включающей сельсин-датчик и сельсин-приемник, углов поворота элементов двигателя в напряжение постоянного тока, соответствующее значениям угла перемещения. Напряжение преобразуется в цифровой код с помощью УИУ и передается в ПК, где определяется значение угла.

Подсистема измерения интервалов времени

Принцип действия подсистемы основан на подсчете количества импульсов, генерируемых УИУ за время между двумя фронтами внешних дискретных сигналов. Количество импульсов, подсчитанное УИУ, преобразуется в значение интервала времени и передается в ПК.

Основные технические характеристики

Подсистема измерения силы от тяги

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кгс	Пределы допускаемой погрешности, %
Сила от тяги (количество каналов – 2)	от 0 до 10000	± 0,3 % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП ± 0,3 % 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 3100	± 0,15
Частота вращения ротора компрессора	от 300 до 3600	± 0,15

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

Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура воздуха (газа) по тракту ГТД (количество каналов – 3)	от 273 до 1273 К	± 1 % от ВП
Температура воздуха на входе в двигатель (количество каналов – 2)	от 223 до 473 К	± 0,5 % от ИЗ
Температура холодного сая (количество каналов – 2)	от 223 до 323 К	± 0,5 % от ИЗ

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура рабочих жидкостей (топлива, масла) (количество каналов – 16)	от минус 50 до 200 °С	± 1,5 % от НЗ (НЗ - нормированное значение)
Температура воздуха в термошкафу	от 17 до 23	± 1 °С
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК (количество каналов – 27)	от 0 до 50 мВ	± 0,3 % от ВП
Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ТСП, ТСМ (количество каналов – 8)	от 6,085 до 92,775 Ом от 8,650 до 88,525 Ом от 12,17 до 185,55 Ом (от минус 200 до 200 °С)	± 0,3 °С ± 0,3 °С ± 0,4 °С

Подсистема измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Атмосферное давление	от 720 до 800 мм рт. ст.	± 0,5 мм рт.ст.
Избыточное давление воздуха (газа) по тракту ГТД (количество каналов – 13)	от 0 до 25 кгс/см ²	± 0,5 % от ВП
Перепад между полным давлением на входе РМК и статическим давлением в мерном сечении (количество каналов – 2)	от 0 до 25 кПа (от 0 до 2500 мм вод. ст.)	± 0,5 % от ИЗ
Перепад между атмосферным давлением и полным давлением на входе в РМК (количество каналов – 2)	от 0 до 0,5 кПа от 0 до 50 мм вод. ст)	5 мм вод.ст.
Давление-разрежение рабочих жидкостей (топлива, масла) (количество каналов – 21)	от минус 0,6 до 270 кгс/см ²	± 1 % от НЗ
Перепад давления топлива ТДК	от 0 до 15 кгс/см ²	± 1 % от НЗ
Избыточное давление азота для проверки кислородной системы	от 0 до 10 кгс/см ²	± 1 % от НЗ
Разрежение воздуха в боксе	от минус 0,006 до 0 кгс/см ²	± 1 % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значению давления (количество каналов – 32)	от минус 1 до 1 В от минус 10 до 10 В	± 0,05 % от ВП

Подсистема измерения расхода топлива

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/ч	Пределы допускаемой погрешности, % от ИЗ
Массовый расход топлива (количество каналов – 3)	от 350 до 20000	± 0,5

*Подсистема измерения параметров**расхода воздуха*

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/с	Пределы допускаемой погрешности, % от ИЗ
Массовый расход воздуха двигателя (количество каналов -2)	от 53 до 83	$\pm 0,7$

Подсистема измерения параметров вибрации и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Виброскорость двигателя в контрольных точках (количество каналов - 7)	от 0 до 100 мм/с	± 10
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям параметров вибрации (количество каналов - 13)	от 0 до 5 В от 0 до 10 В	$\pm 0,05$

Подсистема измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Угловое перемещение рычага управления двигателем (РУД)	от 0 до 120°	$\pm 1,0^\circ$
Напряжение постоянного тока пропорциональное углу перемещения (количество каналов -3)	от 0 до 6,3 В	$\pm 0,05$ % от ВП

Подсистема измерения интервалов времени

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, с	Пределы допускаемой погрешности, с
Интервалы времени (количество каналов - 3)	от 0 до 120	$\pm 0,1$

Общие характеристики

Параметры электропитания:

- напряжение переменного тока, В.....220 \pm 22;
- частота переменного тока, Гц.....50 \pm 1;
- Потребляемая мощность, не более, Вт.....650.
- Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм.....600x500x2000.
- Масса, не более, кг.....84,5.

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, не менее 10.
- Средняя наработка на отказ, ч, не более 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 датчиков физических величин, персональный компьютер, программное обеспечение, комплект кабелей и соединителей, комплект эксплуатационной документации, методика поверки.

Поверка

Поверка ИС осуществляется в соответствии с документом «061.046.06МП Системы измерительные СИ-РД33. Методика поверки», утвержденным начальником ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ в августе 2006 г. и входящим в комплект поставки.

Средства поверки: портативный калибратор давления Метран-501-ПКД-Р (диапазон воспроизведения от 0 до 60 МПа, погрешность от 0,04 до 0,06 % от ВП), манометр абсолютного давления МАД-3М (диапазон воспроизведения от 2 до 20000 мм рт. ст., погрешность не более $\pm 0,1$ мм рт. ст.), калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03 (диапазон измерений от 0 до 100 мВ, погрешность измерений $\pm(0,05+0,0075 \cdot (U/U_k-1))$ %), калибратор температуры Fluke серии 500, модель 518 (диапазон измерений от минус 30 до 670 °С, погрешность не более $\pm 0,25$ °С), магазин сопротивления Р4831 (диапазон генерирования сопротивления от 0,002 до 111111,10 Ом, класс точности $0,02/2 \cdot 10^{-6}$), генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 (погрешность не более $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ %), датчик весоизмерительный тензорезисторный С-2 (диапазон измерений от 0 до 20000 кгс, погрешность не более $\pm 0,04$ %), вибропреобразователь ускорения 8305 (частотный диапазон от 0,1 до 4500 Гц, чувствительность 0,125 пКл/м/с², погрешность ± 3 %), функциональный генератор SFG-830 (диапазон воспроизведения частоты от 20 мГц до 20 МГц, погрешность установки частоты не более $\pm 10^{-5}$), оптическая делительная головка ОДГЭ-10 (диапазон измерения от 0 до 360°, погрешность не более 20"), ареометр для нефти стеклянный АНТ-1 (диапазон измерений от 750 до 830 кг/м³, погрешность не более 0,5 кг/м³), барометр рабочий сетевой БРС-1М-1 (погрешность не более ± 33 Па), термометр стеклянный ртутный лабораторный ТЛ-4 (диапазон измерений от 0 до 55 °С, погрешность не более 0,2 °С), калибратор программируемый ПЗ20 (диапазон воспроизведения напряжения от 0 до 10 В, погрешность не более $\pm(10U_k+40)$ мкВ; диапазон воспроизведения силы тока от 0 до 20 мА, погрешность не более $\pm(0,05 \cdot I_k+1)$ мкА; измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 (диапазон измерений от 10 до 98%, погрешность не более $\pm 2,0$ %).

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

Нормативные и технические документы

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

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 8.145-75 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений объемного расхода жидкости в диапазоне $3 \cdot 10^{-6}$... 10 м³/с.

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

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

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 8.016-81 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла.

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

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

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

Заключение

Тип систем измерительных СИ-РД33 утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации.

Изготовитель

ФГУП «Завод им. В.Я.Климова», г. С.-Петербург, ул. Кантемировская, 11

Главный инженер ФГУП «Завод им. В.Я.Климова»



Д.Ю. Козлов