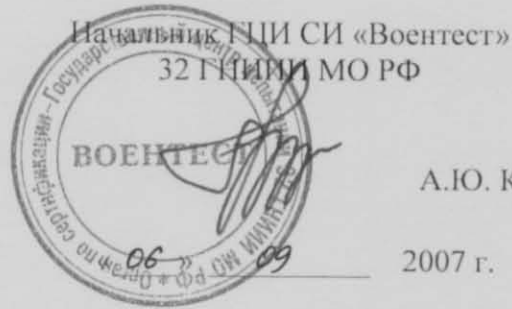


СОГЛАСОВАНО



А.Ю. Кузин

2007 г.

Система измерительная СИ-1/ГТД-55И	Внесена в Государственный реестр средств измерений Регистрационный № _____ Взамен № _____
------------------------------------	---

Изготовлена в соответствии с технической документацией филиал Лыткаринский машиностроительный завод ОАО «НПО «Сатурн», заводской номер № 001.

Назначение и область применения

Система измерительная СИ-1/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, а также сопротивления постоянному току и напряжения и силы постоянного тока.

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

Описание

Принцип работы ИС заключается в измерении параметров ГТД первичными преобразователями (ПП), преобразовании их в электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровой код с помощью измерительно-вычислительного комплекса (далее – ИВК) и передаче цифровой информации в персональный компьютер (ПК) для дальнейшего её использования в автоматизированной системе управления технологическим процессом испытания (АСУТП-И).

ИС представляют собой измерительную систему по ГОСТ Р 8,596-2002.

Функционально ИС состоит из 10 подсистем, включающих в себя измерительные каналы (ИК):

- подсистема измерения силы от тяги;
- подсистема измерения частоты вращения роторов;
- подсистема измерения прокачки масла;
- подсистема измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХЛ, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры;
- подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления) и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры;
- подсистема измерения давления и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления;
- подсистема измерения расхода топлива;
- подсистема измерения расхода воздуха;
- подсистема измерения параметров вибрации;
- подсистема измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям

Конструктивно ИС представляют собой 3 стойки с аппаратурой, расположенных в помещении пультовой, соединенные с ПП 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 15 до 25 °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 преобразуется электронным весовым терминалом в сигнал 4-20 мА, поступающий на ИВК, где преобразуется в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением значения измеряемой силы по известной градуировочной характеристике ИК.

Подсистема измерения частоты вращения роторов

Принцип действия подсистемы 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 устройства нормализации сигнала DSCA45, которое преобразует частотный сигнал в значение силы постоянного тока, и далее - на ИВК, где сигнал преобразуется в цифровой код, регистрируемый в ПК, с последующим вычислением по программе измеряемой частоты вращения.

Подсистема измерения прокачки масла

Принцип действия подсистемы 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 устройства нормализации сигнала DSCA45, которое преобразует его в значение силы постоянного тока, поступающее на вход ИВК, преобразующее электрический сигнал в цифровой код, регистрируемый в ПК, где по программе с учетом градуировочной характеристики ТПР вычисляется значение прокачки масла.

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

Принцип действия ИК 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 преобразуется термостанцией ЕХ-1048 с использованием номинальной статической характеристики преобразования термонар ХА, ХК в цифровой код, соответствующий измеряемой температуре. Учет температуры холодного спая осуществляется аппаратно термостанцией ЕХ-1048.

Принцип действия ИК измерения напряжения постоянного тока, соответствующего измеряемой температуре, основан на преобразовании термостанцией ЕХ-1048 указанного напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения с использованием индивидуальной функции преобразования ИК

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

Принцип действия ИК измерения температуры основан на зависимости изменения сопротивления термопреобразователя от температуры среды. Сопротивление постоянному току термопреобразователя сопротивления преобразуется измерительным усилителем DSCA34 в значение силы постоянного тока, которое ИВК преобразует в цифровой код, поступающий в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК с учетом номинальной статической характеристики термопреобразователя сопротивления вычисляется значение измеренной температуры.

Принцип действия ИК измерения сопротивления постоянному току, соответствующего значению температуры, основан на преобразовании измерительным усилителем DSCA34 значения сопротивления в значение силы постоянного тока, которое ИВК преобразует в цифровой код, с последующим определением по программе ПК значения измеренного сопротивления.

Подсистема измерения давления и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления

Принцип действия ИК 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 преобразуется ИВК в цифровой код, регистрируемый ПК с последующим вычислением значений измеряемого давления по известной градуировочной характеристике ИК.

Принцип действия ИК измерения силы постоянного тока, соответствующей значению давления, основан на преобразовании ИВК значение силы постоянного тока в цифровой код и определении по программе ПК измеренной силы тока.

Подсистема измерения расхода топлива

Принцип действия подсистемы основан на измерении массового расхода топлива кориолисовым ПП расхода OPTIMASS 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.

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 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.

Подсистема измерения параметров вибрации

Принцип действия подсистемы основан на использовании пьезоэлектрических датчиков вибрации, преобразующих виброскорость корпуса ГТД или его узлов в значения электрического заряда, который поступает на виброизмерительную аппаратуру, осуществляющую преобразование сигнала в полосе рабочих частот в переменное напряжение с амплитудным значением пропорциональным измеряемой виброскорости. С выхода виброаппаратуры сигнал поступает на ИВК и затем - в ПК, где по программе определяется значение измеренной виброскорости.

Подсистема измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям

Принцип действия ИК угловых перемещений основан на преобразовании с помощью следящей системы, включающей сельсин-датчик и сельсин-приемник, углов поворота элементов двигателя в пропорциональное им напряжение постоянного тока. Напряжение преобразуется в цифровой код с помощью ИВК и передается в ПК, где преобразуется в значение угла.

Принцип действия ИК напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям основан на преобразовании с помощью ИВК напряжения постоянного тока, снимаемого с датчика углового перемещения, в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК значений измеряемого напряжения.

Основные технические характеристики

Подсистема измерения силы от тяги

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кгс	Пределы допускаемой погрешности
Сила от тяги (количество каналов – 1)	от 50 до 2000	$\pm 0,5$ % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП $\pm 0,5$ % от 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
Частота вращения ротора вентилятора (N1)	от 648 до 6480	$\pm 0,1$ % от ВП
Частота вращения ротора компрессора (N2)	от 282 до 2817	

Подсистема измерения прокачки масла

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

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

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

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура воздуха на входе в двигатель (количество каналов – 6)	от 223 до 323 К (от минус 50 до 50 °С)	± 0,3 % от ИЗ
Температура воздуха в линиях суфлирования ГТД (количество каналов – 3)	от 273 до 473 К (от 0 до 200 °С)	± 0,5 % от ВП (ВП - верхний предел измерений. ВП=473 К)
Температура масла ГТД (количество каналов – 6)	от 273 до 473 К (от 0 до 200 °С)	± 1,0 % от НЗ (НЗ – нормирован -ное значение. НЗ=200 °С)
Температура газа за турбиной низкого давления	от 273 до 1073 К (от 0 до 800 °С)	± 0,5 % от ВП
Температура воздуха (газа) ГТД	от 273 до 873 К (от 0 до 600 °С)	
Температура воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 3)	от 273 до 523 К (от 0 до 250 °С)	
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК (количество каналов – 48)	от минус 2 до 55 мВ	± 0,1 % от ВП
Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей сопротивления (количество каналов – 16)	от 80 до 200 Ом	± 0,1 % от ВП ВП=200 Ом

Подсистема измерения давления и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Атмосферное давление воздуха	от 720 до 800 мм рт. ст.	± 0,5 мм рт.ст.
Избыточное полное давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 7)	от 0 до 0,098 МПа (от 0 до 1,0 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное полное давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 6)	от 0 до 0,147 МПа (от 0 до 1,5 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное полное давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 2)	от 0 до 0,981 МПа (от 0 до 10 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Избыточное давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 6)	от минус 0,049 до 0,245 МПа (от минус 0,5 до 2,5 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное статическое давление воздуха (газа) ГТД	от 0 до 0,0098 МПа (от 0 до 1 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное статическое давление воздуха (газа) ГТД	от 0 до 0,147 МПа (от 0 до 1,5 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное статическое давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 4)	от 0 до 0,196 МПа (от 0 до 2,0 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное статическое давление воздуха (газа) ГТД (количество каналов – 3)	от 0 до 0,785 МПа (от 0 до 8 кгс/см ²)	± 0,3 % от ВП
Избыточное давление воздуха (газов) ГТД,	от 0 до 0,98 МПа (от 0 до 10 кгс/см ²)	± 0,3 % от НЗ
Перепад между полным давлением на входе РМК и статическим давлением в мерном сечении (количество каналов – 2)	от 0 до 16 кПа (от 0 до 1600 мм вод. ст.)	± 0,3 % от ИЗ
Перепад между атмосферным давлением и полным давлением на входе в РМК (количество каналов – 2)	от 0 до 1 кПа от 0 до 100 мм вод. ст)	5 мм вод.ст.
Избыточное давление рабочих жидкостей (топлива, масла) ГТД (количество каналов – 2)	от 0 до 0,147 МПа (от 0 до 1,5 кгс/см ²)	± 1 % от НЗ
Избыточное давление рабочих жидкостей (топлива, масла) ГТД (количество каналов – 5)	от 0 до 0,588 МПа (от 0 до 6,0 кгс/см ²)	± 1 % от НЗ
Избыточное давление рабочих жидкостей (топлива, масла) ГТД (количество каналов – 2)	(до от 0 до 0,5884 МПа от 0 60 кгс/см ²)	± 1 % от НЗ
Сила постоянного тока, соответствующая значениям давления (количество каналов – 110)	от 4 до 20 мА	± 0,1 % от ВП

Подсистема измерения расхода топлива

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/ч	Пределы допускаемой погрешности
Массовый расход топлива	от 50 до 1500	± 0,3 % от ИЗ

Подсистема измерения параметров расхода воздуха

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений, кг/с	Пределы допускаемой погрешности
Суммарный расход воздуха	от 21 до 32	$\pm 0,5$ % от ИЗ

Подсистема измерения параметров вибрации

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

Подсистема измерения угловых перемещений и напряжения постоянного тока, соответствующего угловым перемещениям

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Напряжение постоянного тока, соответствующее углам перемещениям (количество каналов -4) Угловые перемещения РУД	от 0 до 10 В	$\pm 0,1$ % от ВП
	от 0 до 100 град.	$\pm 0,5$ град.

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	
ИНСИ 425811.100.00	Шкаф приборный 1	800	600	1800	300
ИНСИ 425811.200.00	Шкаф приборный 2	800	600	1800	300
ИНСИ 425811.500.00	Шкаф термостанций	600	600	1800	120

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 ИС осуществляется в соответствии с документом «Система измерительная СИ-1/ГТД-55И. Методика поверки 521.55И.001.01МП, утвержденным начальником ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ в сентябрь 2007 г. и входящим в комплект поставки.

Средства поверки: калибратор давления DPI 605 «Druck» (диапазон воспроизведения давления от минус 0,1 до 2,0 МПа, погрешность не более $(0,025 + 1 \text{ ед. м.р.}) \%$); манометр грузопоршневой МП-60 (диапазон воспроизведения давления от 0 до 60 кгс/см², погрешность не более 0,05 %); калибратор многофункциональный МСХ-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 Р4831 (диапазон воспроизведения сопротивления от 0,002 до 11111,10 Ом; класс точности $0,02/2 \cdot 10^{-6}$); датчик весоизмерительный тензорезисторный серии «С» (наибольший предел измерения 20 тс, погрешность не более 0,04 %); генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112 (диапазон воспроизведения частоты от 0,01 Гц до 10 МГц, погрешность не более $5 \cdot 10^{-5} \%$); виброустановка электродинамическая ВСВ-133 (СКЗ виброскорости от 0,35 до 100 мм/с., погрешность воспроизведения виброскорости не более 5 %); барометр рабочий сетевой БРС-1М диапазон измерения от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт.ст.), погрешность не более 0,20 гПа, (0,15 мм рт.ст.); измеритель влажности и температуры ИВТМ-07 (диапазон измерения влажности от 10 до 98 %, погрешность не более 2,0 %; диапазон измерения температуры от минус 20 до 60 °С, погрешность не более 1 °С в диапазонах от минус 20 до 0 °С, от 40 до 60 °С, погрешность не более 0,5 °С в диапазоне от 0 до 40 °С); головка оптическая делительная ОДГ-60, погрешность 20".

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. Системы измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

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

512.55И.001.00 РЭ. Системы измерительные СИ-1/ГТД-55И.

Заключение

Тип системы измерительной СИ-1/ГТД-55И утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации.

Изготовитель

филиал Лыткаринский машиностроительный завод ОАО «НПО «Сатурн»
140080, Промзона Тураево, строение 9.

Технический директор
филиала Лыткаринской машиностроительный завод
ОАО «НПО «Сатурн»



Handwritten signature of S.A. Novikov, dated 5.09.07.

С.А. Новиков