

СОГЛАСОВАНО



Начальник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИ МО РФ

А.Ю. Кузин

«06» декабря 2006 г.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Системы измерительные СИ-ТВ7-117 | Внесены в Государственный реестр средств измерений<br>Регистрационный № _____<br>Взамен № _____ |
|----------------------------------|---|

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

### Назначение и область применения

Системы измерительные СИ-ТВ7-117 (далее - ИС) предназначены для измерений параметров турбовинтовых двигателей (ТВД) ТВ7-117СТ и его модификаций: давления и температуры жидкостей и газов; расхода топлива; частоты вращения роторов; параметров вибрации корпуса ТВД; угловых перемещений; интервалов времени, а также сопротивления постоянному току и напряжения постоянного тока.

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

### Описание

Принцип работы ИС заключается в измерении параметров ТВД датчиками физических величин, преобразовании их в электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровой код с помощью устройства измерительно-управляющего УИУ 2001 (далее - УИУ) и передаче цифровой информации в персональный компьютер (ПК) для дальнейшего её использования в автоматизированной системе управления технологическим процессом испытания (АСУТП-И).

Функционально системы состоят из 9 измерительных подсистем, включающих в себя измерительные каналы (ИК):

- подсистемы измерения частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов;
- 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 давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы;
- подсистемы измерения расхода топлива;
- 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, 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 от 30 до 80 % при температуре 25 °С, без предъявления требований к механическим воздействиям.

*Подсистема измерения частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов*

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.

Принцип измерения частоты электрических сигналов основан на преобразовании с помощью УИУ частоты в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемой частоты.

*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 поступает в УИУ, с выхода которого цифровой код, поступает в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК и по номинальной статической характеристике преобразования термопар ХА, ХК с учетом температуры «холодного» спая определяется значение измеренной температуры.

Принцип измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, основан на преобразовании с помощью УИУ напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения с использованием индивидуальной функции преобразования ИК

*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. Значение сопротивления постоянному току, соответствующее значениям температуры, поступает с датчика на УИУ, где по номинальной градуировочной характеристике преобразуется в цифровой код и передается далее в ПК.

Принцип измерения сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, основан на преобразовании с помощью УИУ сопротивления в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого сопротивления.

*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.

Принцип измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления, основан на преобразовании с помощью УИУ напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения.

*Подсистема измерения давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы*

Принцип действия подсистемы основан на зависимости выходного сигнала датчиков давления от значений давления масла в полостях гидроцилиндров измерителя крутящего момента (ИКМ) редуктора двигателя, соответствующих значениям крутящего момента силы на валу воздушного винта. Выходной сигнал датчика давления поступает на УИУ, где преобразуется в циф-

ровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением значения измеряемого давления и соответствующего значениям крутящего момента силы.

#### *Подсистема измерения расхода топлива*

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

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

Принцип действия подсистемы основан на использовании пьезоэлектрических датчиков вибрации, преобразующих виброскорость корпуса ТВД в электрический заряд, поступающий на виброаппаратуру, с выхода которой напряжение постоянного тока, соответствующее виброскорости на частотах роторных гармоник, поступает на вход УИУ, где преобразуется в цифровой код и передается в ПК, с последующим вычислением параметров измеряемой вибрации.

Принцип измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям параметров вибрации, основан на преобразовании с помощью УИУ напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения.

#### *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 пропорциональное им напряжение постоянного тока. Напряжение преобразуется в цифровой код с помощью УИУ и передается в ПК, где преобразуется в значение угла.

Принцип измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения, основан на преобразовании с помощью УИУ напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения.

#### *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 частоты вращения роторов и частоты электрических сигналов*

| Наименование измеряемого параметра                    | Диапазон измерений,                       | Пределы допускаемой погрешности                       |
|---|---|---|
| Частота вращения ротора компрессора                   | от 453,8 до 4992,4 Гц<br>(от 10 до 110 %) | $\pm 0,15$ % от ВП<br>(ВП – верхний предел измерений) |
| Частота вращения ротора свободной турбины             | от 320 до 3530 Гц<br>(от 10 до 110 %)     | $\pm 0,15$ % от ВП                                    |
| Частота электрических сигналов<br>(количество ИК – 3) | от 0 до 500 Гц                            | $\pm 0,05$ % от ВП                                    |

*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 атмосферного воздуха   | от 213 до 333 К  | $\pm 0,5 \%$ от ИЗ<br>(ИЗ – измеренное значение)  |
| Температура воздуха на входе в двигатель (перед воздушным винтом)<br>(количество ИК – 2)   | от 213 до 333 К  | $\pm 0,5 \%$ от ИЗ                                |
| Температура рабочих жидкостей (топлива, масла)<br>(количество ИК – 9)  | от минус 60 до 200 °С  | $\pm 1,5 \%$ от НЗ<br>(НЗ-нормированное значение) |
| Температура холодного спая<br>(количество ИК – 2)  | от 273 до 323 К  | $\pm 0,5 \%$ от ИЗ                                |
| Температура воздуха (газа) по тракту ТВД<br>(количество ИК – 6)  | от 573 до 1473 К   | $\pm 1 \%$ от ВП                                  |
| Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК<br>(количество ИК – 37)    | от минус 50 до 50 мВ   | $\pm 0,2 \%$ от ВП                                |
| Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ТСМ, ТСП<br>(количество ИК -7) | от 39,24 до 92,79 Ом<br>от 8,65 до 88,52 Ом<br>от 78,48 до 185,58 Ом<br>(от минус 200 до 200 °С) | $\pm 0,3 \%$                                      |

*Подсистема измерения давления и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям давления*

| Наименование измеряемого параметра  | Диапазон измерений                | Пределы допускаемой погрешности                |
|---|-----------------------------------|--|
| Давление атмосферного воздуха   | от 710 до 790 мм рт.ст            | $\pm 0,5 \%$ мм рт.ст                          |
| Абсолютное давление воздуха на входе в двигатель (перед воздушным винтом)                 | от 710 до 790 мм рт.ст            | $\pm 0,5 \%$ мм рт.ст                          |
| Избыточное давление воздуха на входе в стартер  | от 0 до 4 кгс/см <sup>2</sup>     | $\pm 0,5 \%$ от ВП                             |
| Избыточное давление масла на входе в двигатель  | от 0 до 6 кгс/см <sup>2</sup>     | $\pm 1 \%$ от НЗ<br>НЗ=6 кгс/см <sup>2</sup>   |
| Избыточное давление топлива на входе в двигатель  | от 0,2 до 1,6 кгс/см <sup>2</sup> | $\pm 1 \%$ от НЗ<br>НЗ=1,4 кгс/см <sup>2</sup> |
| Избыточное давление топлива в коллекторе 1-й и 2-й группы форсунок<br>(количество ИК – 2) | от 0 до 60 кгс/см <sup>2</sup>    | $\pm 1 \%$ от НЗ<br>НЗ=60кгс/см <sup>2</sup>   |
| Избыточное давление воздуха за компрессором<br>(количество ИК – 2)                        | от 0 до 19 кгс/см <sup>2</sup>    | $\pm 0,5 \%$ от ВП                             |

| Наименование измеряемого параметра  | Диапазон измерений                       | Пределы допускаемой погрешности |
|---|--|---------------------------------|
| Избыточное давление воздуха в магистрали отбора на СКВ самолета за отсечной заслонкой | от 0 до 1,0 кгс/см <sup>2</sup>          | ± 0,5 % от ВП                   |
| Избыточное давление воздуха в магистрали отбора на ПОС                                | от 0 до 5,5 кгс/см <sup>2</sup>          | ± 0,5 % от ВП                   |
| Напряжение постоянного тока, соответствующее значению давления (количество ИК – 39)   | от минус 1 до 1 В<br>от минус 10 до 10 В | ± 0,05 % от ВП                  |

*Подсистема измерения давления жидкости, соответствующего значениям крутящего момента силы*

| Наименование измеряемого параметра   | Диапазон измерений              | Пределы допускаемой погрешности   |
|--|---------------------------------|---|
| Избыточное давление жидкости, соответствующее значениям крутящего момента силы (количество ИК – 2) | от 0 до 100 кгс/см <sup>2</sup> | ± 0,3 % от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП;<br>± 0,3 % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП |

*Подсистема измерения расхода топлива*

| Наименование измеряемого параметра          | Диапазон измерений | Пределы допускаемой погрешности   |
|---|--------------------|---|
| Массовый расход топлива (количество ИК – 4) | от 0 до 800 кг/ч   | ± 0,5 % от 0,5 ВП в диапазоне от 0 до 0,5 ВП;<br>± 0,5 % от ИЗ в диапазоне от 0,5 до 1,0 ВП |

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

| Наименование измеряемого параметра   | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой погрешности |
|--|---------------------|---------------------------------|
| Виброскорость в плоскости передней подвески (количество ИК – 3)                      | от 0 до 100 мм/с    | ± 10 % от ВП                    |
| Виброскорость в плоскости задней подвески (количество ИК – 2)                        | от 0 до 100 мм/с    | ± 10 % от ВП                    |
| Напряжение постоянного тока, соответствующее параметрам вибрации (количество ИК – 4) | от минус 10 до 10 В | ± 0,05 % от ВП                  |

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

| Наименование измеряемого параметра                                       | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой погрешности |
|--|---------------------|---------------------------------|
| Угол положения РУД   | от минус 30 до 80 ° | $\pm 1^\circ$                   |
| Напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла перемещения | от минус 10 до 10 В | $\pm 0,05\%$ от ВП              |

*Подсистема измерения интервалов времени*

| Наименование измеряемого параметра    | Диапазон измерений | Пределы допускаемой погрешности |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Интервалы времени (количество ИК – 4) | от 0 до 120 с      | $\pm 0,1$ с                     |

*Общие характеристики*

Параметры электропитания:

- напряжение переменного тока, В ..... 220  $\pm$  22;
- частота переменного тока, Гц ..... 50  $\pm$  1;
- Потребляемая мощность, не более, В·А ..... 650.
- Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм ..... 600 x 500 x 2000.
- Масса, не более, кг ..... 84,5.

Рабочие условия эксплуатации:

в помещении пультовой:

- температура воздуха, °С ..... 20  $\pm$  5;
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, % ..... 65  $\pm$  15;
- атмосферное давление, мм рт.ст. .... от 710 до 790.

в испытательном боксе:

- температура воздуха, °С ..... от минус 30 до 40;
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %..... до 90;
- атмосферное давление, мм рт.ст. .... от 710 до 790.

Срок службы, лет ..... 10.

Средняя наработка на отказ, не менее, ч ..... 10000.

**Знак утверждения типа**

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

**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 «Системы измерительные СИ-ТВ7-117. Методика поверки. 061.014.06МП», утвержденным начальником ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ в октябре 2006 г. и входящим в комплект поставки.

Средства поверки: портативный калибратор давления Метран-501-ПКД-Р (диапазон воспроизведения от минус 63 кПа до 60 МПа, погрешность не более  $\pm 0,05$  %), калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03 (диапазон генерации э.д.с.ТП от 0 до 100 мВ, погрешность  $\pm (0,05+0,0075(U/U_k-1))\%$ ); калибратор температуры Fluke серии 500 модель 518 (диапазон измерений от минус 30 до 670 °С; погрешность не более  $\pm 0,25$  °С); магазин сопротивления МСР-60М (диапазон сопротивлений от 0,01 до 11111,1 Ом, класс точности 0,02) генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 (диапазон воспроизведений частоты от 0,01 Гц до 2 МГц, погрешность не более  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$  %); установка расходомерная трубопоршневая ТВК-30 (диапазон воспроизводимых расходов от 3,6 до 9000 л/ч, погрешность в диапазоне от 10,8 до 518,4 л/ч не более  $\pm 0,25$  %, в диапазоне от 518,4 до 9000 л/ч не более  $\pm 0,15$  %); 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-20 (диапазон измерений от 0 до 360 °С, погрешность не более  $\pm 15$  "), ареометр АНТ-1 (диапазон измерений от 750 до 830 кг/м<sup>3</sup>, погрешность не более  $\pm 0,5$  кг/м<sup>3</sup>); калибратор программируемый ПЗ20 (диапазон воспроизведения напряжения от 0 до 10 В, погрешность не более  $\pm(10 \cdot U_k + 40)$  мкВ); вибропреобразователь 8305 фирмы «Брюль и Къер» (частотный диапазон от 0,1 до 4500 Гц, чувствительность 0,125 пКл/м/с<sup>2</sup>, погрешность не более  $\pm 3$  %), измеритель влажности и температуры ИПТВ-056/МЗ-03 (диапазон измерений влажности от 0 до 100 %, погрешность не более  $\pm 2$  %), барометр рабочий сетевой БРС-1М-1 (диапазон измерений от 600 до 1100 гПа, погрешность не более  $\pm 33$  Па).

Межповерочный интервал – 1 год.

### Нормативные и технические документы

ГОСТ РВ 20.39.304-98

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

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

### Заключение

Тип систем измерительных СИ-ТВ7-117 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