

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Система измерения «Каскад-РХИ-1»

#### Назначение средства измерений

Система измерения «Каскад-РХИ-1» (далее – Система), ОАО «Пермский моторный завод», предназначена для измерения силы от тяги двигателей, давления масла, температур газа, воздуха, масла, расхода масла, частоты вращения роторов, определяемых при испытаниях авиационных двигателей на стенде №4, регламентируемых отраслевым стандартом ОСТ 1 010021-93 «Стенды испытательные авиационных газотурбинных двигателей. Общие требования».

#### Описание средства измерений

Принцип работы Системы заключается в преобразовании измеряемых параметров ГТД датчиками (первичными преобразователями) в соответствующие электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровые коды и передаче последних в компьютер верхнего уровня Системы для дальнейшего преобразования их в значения физических величин.

Функционально Система состоит из 5-ти модулей, включающих в себя соответствующие измерительные каналы (ИК):

- модуля измерений силы от тяги двигателя (МИС);
- модуля измерений расхода масла (МИРМ);
- модуля измерений давления масла (МИД);
- модуля измерений температур газа, воздуха, масла (МИТ);
- модуля измерений частоты вращения роторов (МИЧВР).

МИС содержит следующие элементы:

- динамометрическую платформу (ДМП), подвешенную на упругих лентах, работающих в статике на растяжение;
- рабочий тензорезисторный датчик силы типа 32ТВС4, работающий на сжатие. Питание моста датчика осуществляется от модуля-нормализатора SCXI-1321/SCXI-1121. Усиленный сигнал с датчика поступает на вход АЦП типа РХИ-6052;
- рычажное подгрузочное устройство (РПУ), состоящее из двух рычагов (углового и линейного), эталонных грузов, механического нагружающего устройства и предназначенное для оперативного контроля точностных параметров МИС и создания силы подгрузки на ДМП;
- контрольное устройство (КУ), состоящего из тензорезисторного датчика силы типа М70КН25-С3, гидравлического нагружающего устройства и предназначенного для градуировки и поверки МИС.

Сила от тяги двигателя, приложенная к ДМП, уравновешивается силой реакции рабочего датчика. Его выходной сигнал, пропорциональный силе от тяги, усиливается в модуле - нормализаторе и преобразуется в АЦП в пропорциональный цифровой код. Последний преобразуется в компьютере верхнего уровня с помощью градуировочной зависимости в цифровой код измеряемой силы.

МИРМ включает в свой состав ИК на базе турбинного преобразователя расхода типа ТПР 12-2-3. Частотный сигнал с выхода ТПР, функционально зависящий от объемного расхода масла через двигатель, поступает на вход модуля-нормализатора типа SCXI-4320/SCXI-1126. Нормализованный сигнал поступает далее на вход АЦП РХИ-6052. Цифровой код с выхода АЦП поступает в компьютер верхнего уровня Системы, где на основании градуировочной зависимости преобразуется в цифровой код расхода (расхода) масла через двигатель.

МИД включает в свой состав датчик давления модели ADZ-SML-20 (Госреестр № 32333-06), модуль-нормализатор SCXI-1300 /SCXI-1102 и АЦП РХИ-6052. Цифровой код с

выхода АЦП вводится в компьютер верхнего уровня, где на основании градуировочной характеристики преобразуется в цифровой код давления.

МИТ состоит из:

- ИК электрического напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газа за турбиной ГТД от 373 до 923 К (работают с термопарами (ТП) типа ХА, расположенными на двигателе);
- ИК электрического сопротивления, соответствующего значениям температуры масла на входе в двигатель в диапазоне от +20 до + 90 °С. (работает с термометром сопротивления (ТС) типа ТСП109, расположенном на двигателе);
- ИК температур масла на выходе из двигателя и воздуха на входе в двигатель на базе платиновых термометров сопротивления (ТС) типа ТСП109, ТСП98 соответственно.

Принцип действия ИК температуры на базе ТС основан на зависимости изменения сопротивления термометра сопротивления от температуры среды. Постоянные напряжения с выходов термометров сопротивления поступают на вход модуля - нормализатора типа SCXI-1300/SCXI-1102, его выходные сигналы преобразуются в АЦП типа РХИ-6052 в соответствующие цифровые коды. В компьютере верхнего уровня на основании градуировочных зависимостей вычисляются значения температур масла на выходе из двигателя и воздуха на входе в двигатель.

Принцип действия ИК электрического напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газа за турбиной ГТД, следующий. Аналоговые сигналы от термопар поступают на входы модулей - нормализаторов типа SCXI-1303/SCXI-1102, их выходные сигналы преобразуются в АЦП типа РХИ-6052 в соответствующие цифровые коды. Эти цифровые коды передаются в компьютер верхнего уровня Системы, где на основании градуировочных зависимостей преобразуются в цифровой код температуры.

Принцип действия ИК электрического сопротивления, соответствующего значению температуры масла на входе в двигатель, следующий. Напряжение с выхода термометра сопротивления, обусловленное протеканием через него эталонного тока, вводится на входы модулей - нормализаторов типа SCXI-1303/SCXI-1102, их выходные сигналы преобразуются в АЦП типа РХИ-6052 в соответствующие цифровые коды. Эти цифровые коды передаются в компьютер верхнего уровня Системы, где на основании градуировочных зависимостей преобразуются в цифровой код температуры масла на входе в двигатель.

МИЧВР содержит два ИК частоты переменного тока, соответствующих по частоте частотам вращения роторов двигателя от 0 до 5000 и от 0 до 13000 об/мин. Напряжения переменного тока (частотные сигналы) с выходов датчиков частоты вращения роторов, расположенных на двигателе, поступают на входы нормализаторов типа SCXI-4320/SCXI-1126. Нормализованный частотный сигнал поступает далее на вход АЦП РХИ-6052. Цифровые коды с выходов АЦП, соответствующие частотам сигналов, поступают в компьютер верхнего уровня Системы, где на основании градуировочных зависимостей преобразуются в цифровые коды частот вращения роторов.

Фотография общего вида Системы и места пломбировки приведена ниже.

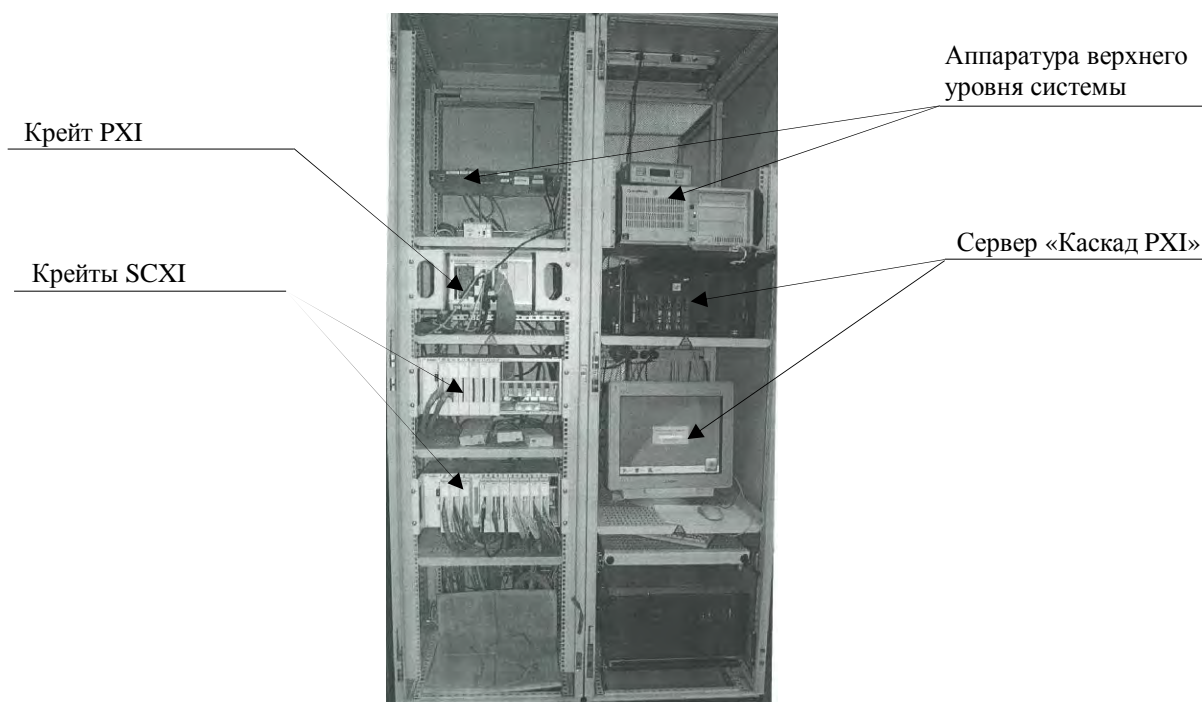


Рисунок 1 Общий вид Системы

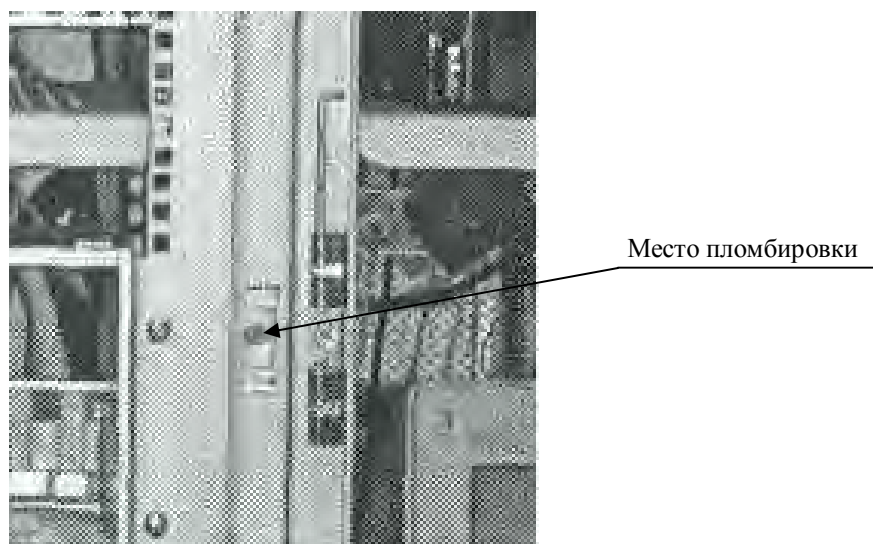


Рисунок 2 Место пломбировки от несанкционированного доступа

### Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики Системы приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Измеряемые параметры, количество измерительных каналов (ИК), единицы измерения	Диапазоны измеряемых параметров	Погрешность измерения
1	Сила от тяги двигателя, 2 ИК, кН	от минус 40 до плюс 175	$\pm 0,5 \% \text{ от } 0,5 R_{\max}^{*})$ $\pm 0,5 \% \text{ ИЗ}^{*})$
2	Расход масла, 1 ИК, м <sup>3</sup> /с	от $1,67 \times 10^{-4}$ до $1 \times 10^{-3}$	$\pm 3,0 \% \text{ ВП}^{*})$
3	Давление масла, 1ИК, кПа	от 0 до 600	$\pm 1,0 \% \text{ ВП}$

4	Температура масла на выходе двигателя, 1 ИК, °С	от плюс 20 до плюс 200	± 1,5% ВП
5	Температура воздуха на входе в двигатель, 6 ИК, °С (К)	от минус 50 до плюс 50 (223 до 323)	± 0,5% ИЗ (К)
6	ИК электрического напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газа за турбиной ГТД в диапазоне температур от 373 до 923 К, 12 ИК, мВ	от 3 до 50	± 0,07 % ВП (по температуре) (± 1 % ВП по температуре с учетом погрешности ПП*)
7	ИК электрического сопротивления, соответствующего значениям температуры масла на входе в двигатель в диапазоне температур от +20 до +90°С, 1 ИК, Ом	от 80 до 160	± 0,60 % ВП (по температуре) (± 1,5 % ВП по температуре с учетом погрешности ПП)
8	ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора вентилятора в диапазоне от 0 до 5000 об/мин, 1 ИК, Гц	от 0 до 5333	± 0,01 % ВП(по частоте переменного тока) (± 0,15 % ВП по частоте вращения ротора с учетом погрешности ПП)
9	ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора КВД в диапазоне от 0 до 13000 об/мин, 1 ИК, Гц	от 0 до 7807	± 0,01 % ВП (по частоте переменного тока) (± 0,15 % ВП по частоте вращения ротора с учетом погрешности ПП)
Примечания: *) – определения характеристик по ОСТ 1 010021-93			

Условия эксплуатации Системы по ГОСТ 8.395- 80 «Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»

Габаритные размеры (ширина, длина, высота), м:

- модуль измерения силы от тяги двигателя..... 3 × 7 × 5
- модуль измерения давления масла..... 0,5 × 0,5 × 0,5
- модуль измерения температур газа, воздуха, масла..... 0,5 × 0,5 × 0,5
- модуль измерения расхода масла..... 0,5 × 0,5 × 0,5
- модуль измерения частоты вращения роторов..... 0,3 × 0,3 × 0,3

Примечание. Модули включают в свой состав элементы, распределенные по стенду.

Указанные габаритные размеры соответствуют условию концентрации элементов модуля в одном месте.

**Программное обеспечение (ПО)** Системы делится на несколько основных категорий:

- системные программы,
- консольные программы,
- оконные программы.

К системным программам относятся программы, взаимодействующие с измерительной аппаратурой и занимающиеся обменом информацией между компьютерами в сети, а также программы для обслуживания рабочих сессий.

Консольные программы - это программы, запускаемые из командного окна (консоли, терминала), не имеющие оконного интерфейса и получающие при необходимости

дополнительные параметры из различных файлов, в командной строке при запуске, либо интерактивно в этом же командном окне.

Оконные программы выполняют функции диспетчера программ, менеджера сессий, редактора базы данных стенда, занесения первичных данных, записи и просмотра трендов, регистрации точек, оценки динамических характеристик.

ПО «Каскад-РХИ» разработано специалистами отдела АСУТП ОАО «Протон-ПМ».

Идентификационные данные программного обеспечения (ПО) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
Системное ПО НУ	System: SC1 Ascan	468.001.08	0624bde568c4e01cb8f5d31b262b7d8d	md5
	System: SC2 Dscan	468.001.08		
	System: 232	468.001.08		
	System: Com 4	468.001.08		
	System: Rotomas	468.001.08		
Консольное ПО	Console: DX	468.001.08	974d13eca73cb1d667b993865c49ea02	
	Console: RecDynamic	468.001.08		
	Console: RecTrend	468.001.08		
	Console: RecStatic	468.001.08		
	Console: Tarir	468.001.08		
	Console: TarirGrp	468.001.08		
	Console: Rcalibr	468.001.08		
Оконное ПО	Window: InformData	468.001.08	f366282d73d15e95f	
	Window: RecStart	468.001.08	fca72b97711092d	

Используемое специализированное программное обеспечение не вносит дополнительных погрешностей к значениям, приведенным в таблице 1, поскольку вычислительные операции в Системе используются только для алгебраических преобразований, а метрологические характеристики измерительных каналов нормированы в целом, с учетом работы программного обеспечения. Используемые программы защищены паролями, с заданной периодичностью выполняется резервное копирование файлов данных. Программный ключ защиты исполняемых файлов и файлов данных поставляется на внешней съемной флэш-памяти.

Уровень защиты ПО «Каскад-РХИ-1» соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010 исключает возможность непреднамеренных и преднамеренных изменений ПО и измеренных данных.

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится графическим способом на таблички, закрепленные на стойках Системы и типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации.

### Комплектность средства измерений

№ п/п	Тип датчика	Наименование	Кол.	Примечание
1	ДМП	Динамометрическая платформа	1	В составе МИС
2	32ТВС4	Датчик силы рабочий	2	
3	М70КН-25-С3	Датчик силы контрольный	2	

4	ТПР12-2-3	Турбинный преобразователь расхода	1	В составе МИРМ
5	ADZ-SML-20	Датчик давления	1	В составе МИД
6	ТСП-109	Приемник температуры	1	В составе МИТ
7	ТСП-98	Приемник температуры	6	
8		Аппаратура верхнего уровня системы	1	Верхний уровень
9		Система измерения «Каскад-РХИ-1». Методика поверки. МП «Каскад-РХИ-1»	1	–
10		Система измерения «Каскад-РХИ-1». Руководство по эксплуатации. РЭ «Каскад-РХИ-1» шифр РЭ-10-2010	1	–

### Поверка

осуществляется по документу «Методика поверки. Система измерения «Каскад-РХИ-1. МП Каскад-РХИ-1», утвержденному ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» и ФГУП «ВНИИМС» 10 февраля 2011 г. и входящим в комплект поставки.

Основные средства поверки:

- ТВЭУ-20П с эталонным динамометром С 2-20 (Госреестр № 19765-10) погрешность  $\pm 0,1\%$  в диапазоне (0,1 ... 1,0)  $R_{max}$ ;
- метрологический набор термометров типа ТЛ-4 (Госреестр № 303-91), кл.т. 1;
- индикаторы часового типа ИЧ-10 (Госреестр № 33841-07), к.т.1, (2 шт.);
- измерительный преобразователь давления цифровой типа ИПДЦ, (Госреестр № 6788-03), основная погрешность  $\pm 0,06\%$  от ВП;
- многофункциональный калибратор модели TRX-IRR, (Госреестр № 42789-09), диапазоны воспроизведения: напряжения, мВ, 10...120, 0,025 % ВП, сопротивления, Ом, 0...400, 0,05 % ВП;
- установка УПСТ-2М, (Госреестр № 16173-02 пределы допускаемых значений средних квадратических отклонений случайной составляющей погрешности  $\sigma(\Delta) \leq 9,0$  мкВ;
- вольтметр В2-29 (Госреестр № 4676-75) измеряемое напряжение 1 мкВ...1,4 В с погрешностью  $\pm (0,1...0,2)\%$ ;
- генератор ГЗ-110, (Госреестр № 5460-76), диапазон частот (0,001-2000000) Гц, погрешность установки частоты  $\pm 3 \cdot 10^{-7}$  Гц;
- трубопоршневая установка ТПУ-1 (свидетельство об аттестации №1), основная погрешность 0,15% ИЗ.

### Сведения о методиках (методах) измерений

«Система измерения «Каскад-РХИ-1». Руководство по эксплуатации. РЭ «Каскад-РХИ-1» Шифр РЭ-10-2010. Раздел 2 «Методы прямых измерений».

### Нормативные документы, устанавливающие требования к системе измерения «Каскад-РХИ-1»

- Отраслевой стандарт ОСТ 1 010021-93 «Стенды испытательные авиационных газотурбинных двигателей. Общие требования»;
- ГОСТ 8.558-93 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения температуры»;
- ГОСТ 8.145-75 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерения объемного расхода жидкости в диапазоне от  $3 \cdot 10^{-6}$  до  $2 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/с»;
- ГОСТ 8.017-79 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерения избыточного давления до 250 МПа»;

- ГОСТ 8.129-99 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения времени и частоты»;
- ГОСТ 8.395- 80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»;
- ГОСТ Р 8.663-2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения силы».

### **Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства**

Выполнение работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям.

#### **Изготовитель**

ОАО «Пермский моторный завод»,  
614990, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект-93.  
Тел./факс: 8-(342) 245-05-24/8-(342) 240-94-56  
E-mail: [pmz@pmz.ru](mailto:pmz@pmz.ru)  
Http: [www.pmz.ru](http://www.pmz.ru)

#### **Испытательные центры**

ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС», аттестат аккредитации № 30004-08.  
119361, г. Москва, ул. Озерная, 46.  
Тел./факс: (495) 437-5577, 437-5666.  
E-mail: [office@vniims.ru](mailto:office@vniims.ru)  
Http: [www.vniims.ru](http://www.vniims.ru)

ГЦИ СИ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», аттестат аккредитации № 30093-05.  
111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, 2.  
Тел./факс: (499) 763-5747, 763-6110.  
E-mail: [avim@ciam.ru](mailto:avim@ciam.ru)  
Http: [www.ciam.ru](http://www.ciam.ru)

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии

Е.Р. Петросян

М.П.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.