

**УТВЕРЖДЕНО**  
приказом Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии  
от «17» мая 2023 г. № 1034

Регистрационный № 89048-23

Лист № 1  
Всего листов 11

**ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Система информационно-измерительная «Каскад-РХІ-2»**

**Назначение средства измерений**

Система информационно-измерительная «Каскад-РХІ-2» (далее – Каскад-РХІ-2) предназначена для измерений параметров при испытаниях авиационных двигателей: силы от тяги двигателя; частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения роторов; массового расхода топлива; объемных расходов (прокачки) рабочей жидкости и масла; абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред; температуры жидких и газообразных сред; сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре); относительной влажности атмосферного воздуха; напряжения, частоты и силы переменного трехфазного тока, а также для отображения результатов измерений и расчетных величин и их регистрации в ходе проведения испытаний на стенде № 4 ЗИС АО «ОДК-ПМ».

**Описание средства измерений**

Принцип действия Каскад-РХІ-2 при измерении физических величин (силы от тяги двигателя; объемных и массовых расходов; давлений; температур; влажности; силы и напряжения постоянного и переменного тока) основан на преобразовании измеряемых физических величин первичными измерительными преобразователями (ПИП) в электрические сигналы, функционально связанные с измеряемыми физическими величинами, с последующим преобразованием, нормализацией и передачей их по линиям связи в измерительные модули и дальнейшим преобразованием электрических сигналов в цифровую форму для регистрации средствами вычислительной техники.

Конструктивно Каскад-РХІ-2 состоит из: автоматизированного рабочего места; коммутационного шкафа; шкафа сервера; тягоизмерительной системы (СИС); комплекта первичных измерительных преобразователей; промежуточных преобразователей (ПрП); линий связи; аналого-цифровых преобразователей и цифровой аппаратуры «верхнего уровня» (специализированные платы, компьютеры со специализированным программным обеспечением, мониторы); блоков (источников) питания.

Функционально Каскад-РХІ-2 включает в себя следующие измерительные каналы (ИК):

- ИК силы от тяги двигателя;
- ИК расходов массового и объемного;
- ИК частоты переменного тока, соответствующие частоте вращения роторов;
- ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред;
- ИК температуры газообразных сред с ПИП термоэлектрического типа ТХА, ТХК;
- ИК температуры жидких и газообразных сред с ПИП терморезистивного типа (термометров сопротивления);
- ИК температуры атмосферного воздуха;
- ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре);

- ИК относительной влажности атмосферного воздуха;
- ИК напряжения, частоты и силы переменного трехфазного тока.

Общий вид составных частей средства измерений представлен на рисунках 1 – 8.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

Заводская маркировка на компоненты системы (шкаф сервера и коммутационный шкаф) наносится в форме этикеток, содержащих заводской номер (№ 49676) и буквенно-цифровое обозначение, и расположенных в верхней левой части шкафов (рисунки 1, 2 и 4).

Защита от несанкционированного доступа к компонентам системы обеспечивается:

- запиранием ключом замка на дверях коммутационного шкафа (рисунок 5);
- запиранием ключом замка на дверях шкафа сервера (рисунок 6);
- ограничением доступа к месту установки средства измерений.



Рисунок 1 – Коммутационный шкаф. Вид внешний

Рисунок 2 – Шкаф сервера. Вид внешний



Рисунок 3 – Автоматизированное рабочее место. Вид внешний

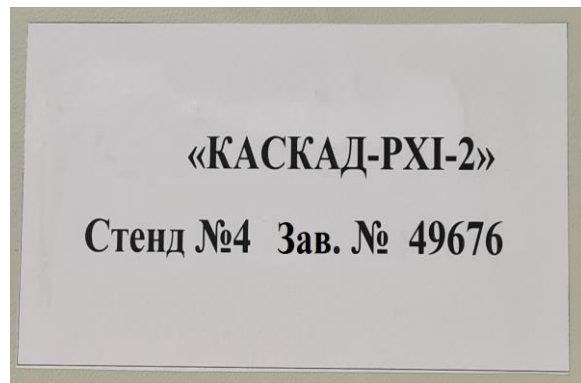


Рисунок 4 – Этикетка



Рисунок 5 – Замок шкафа коммутационного



Рисунок 6 – Замок шкафа сервера



Рисунок 7 – ПИП СИС. Вид внешний



Рисунок 8 – Счетчик-расходомер массовый Rotomass. Вид внешний

### Программное обеспечение

Включает общее и функциональное программное обеспечение (ПО).

В состав общего ПО входит операционная система ASPLinux9.

Функциональное программное обеспечение представлено программой верхнего уровня РХІ 468.001-08А и программой нижнего уровня РХІ 468.001-08НІ.

Программа нижнего уровня РХІ 468.001-08НІ является метрологически значимой частью ПО ИИС «Каскад-РХІ-2».

Уровень защиты ПО «высокий» в соответствии с Р 50.2.077- 2014.

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	«Нижний уровень» ИИС «Каскад-РХІ-2»
Идентификационное наименование ПО	468.001-08НІ
Номер версии (идентификационный номер) ПО	468.001-08НІ.V01
Цифровые идентификаторы ПО:	
SC1_ascan_V2.exe	EB8595E9B5F9851E6A00599A55C993B3
SC2_dscan.exe	D4CBC84369203CF46B0DE2D1D95605D8
rotamass.exe	A9725119B44FB6349BCA7BDE77039C08
232.exe	18B1D63ED13CA3C62550BB33723D29AD
com_4.exe	20E99F4012C52122E14C40F6D1C3433E
DUP_N.exe	8CE722495CE3239DF8602E8F82AA4FC6
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	CRC32

### Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики (МХ) Каскад-РХІ-2 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики Каскад-РХІ-2

Измеряемые параметры (обозначение в системе)	Измеряемые величины	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности	Кол-во каналов
1	2	3	4	5
ИК силы от тяги двигателя				
Тяга двигателя ПС-90А (прямая) (Параметр: R приб)	Сила	от 0 до 88,3 кН (от 0 до 9000 кгс)	$\gamma: \pm 0,5 \%$ от ВП	1
		от 88,3 до 176,5 кН (от 9000 до 18000 кгс)	$\delta: \pm 0,5 \%$ от ИЗ	
Тяга двигателя ПС-90А (обратная) (Параметр: R приб)		от 0 до 41,2 кН (от 0 до 4200 кгс)	$\Delta: \pm 0,44$ кН	

Продолжение таблицы 2

ИК расходов массового и объемного				
Массовый расход топлива ( <i>Параметр: Gm</i> )	Расход массо- вый	от 437,5 до 1750,0 кг/ч	$\delta: \pm 1,0 \% \text{ от ИЗ}$	1
		от 1750 до 7000 кг/ч	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$	
Расход (прокачка) масла через двигатель ( <i>Параметр: Gm</i> )	Расход объем- ный	от 15 до 60 л/мин	$\gamma: \pm 3 \% \text{ от ВП}$	1
Расход (прокачка) рабочей жидкости (НГЖ) через г/н № 1, № 2 ( <i>Параметры: G г/ж1; G г/ж2</i> )		от 24 до 200 л/мин	$\gamma: \pm 3 \% \text{ от ВП}$	2
Расход (прокачка) рабочей жидкости (АМГ) через г/н № 1 ( <i>Параметры: G гн 76 reg</i> )		от 24 до 200 л/мин	$\gamma: \pm 3 \% \text{ от ВП}$	1
Расход (прокачка) рабочей жидкости (АМГ) через гидрона- сос (малый расход) ( <i>Параметр: G гн 76 min</i> )		от 2 до 9 л/мин	$\gamma: \pm 3 \% \text{ от ВП}$	1
ИК частоты переменного тока, соответствующие частоте вращения роторов				
Частота вращения ротора вентилятора ( <i>Параметр: Nв</i> )	Частота пере- менного тока	от 0 до 5333,33 Гц (от 0 до 5000 об/мин)	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	1
Частота вращения ротора КВД ( <i>Параметр: Nквд</i> )		от 0 до 7807,8 Гц (от 0 до 13000 об/мин)	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	1
ИК абсолютных, избыточных и разности давлений газообразных и жидких сред				
Полное давление воздуха за вентилятором ( <i>Параметры: Pв 203; Pв 204; Pв 205; Pв 206; Pв 207</i> )	Давление из- быточное	от 0 до 73,5 кПа (от 0 до 0,75 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	5
Полное давление воздуха за подпорными ступенями ( <i>Параметры: Pнс 200; Pнс 201; Pнс 202</i> )		от 0 до 127,5 кПа (от 0 до 1,3 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	3
Полное давление воздуха за КВД ( <i>Параметры: Pк 305; Pк 306; Pк 307</i> )		от 0 до 3,53 МПа (от 0 до 36 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	3
Статическое давление воздуха за КВД ( <i>Параметр: Pк 308</i> )		от 0 до 3,53 МПа (от 0 до 36 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	1

Продолжение таблицы 2

Перепад между атмосферным давлением и полным давлением на входе в РМК (Параметры: $P_v 122$ ; $P_v 123$ )	Разность давлений	от 0 до 2,0 кПа (от 0 до 203,944 мм вод.ст.)	$\Delta$ : $\pm 5$ мм вод.ст.	2
Перепад между полным давлением на входе в РМК (зам. 122, 123) и статическим давлением в мерном сечении (зам. 13ср., 14ср.) (Параметры: $DP_v 122-13$ ; $DP_v 123-14$ )		от 0 до 8,0 кПа (от 0 до 815,776 мм вод.ст.)	$\gamma$ : $\pm 0,5$ % от ВП	2
		от 8,0 до 20,0 кПа (от 815,776 до 2039,44 мм вод.ст.)	$\delta$ : $\pm 0,5$ % от ИЗ	
Перепад между атмосферным давлением и полным давлением воздуха на входе в двигатель (Параметр: $P_v 120$ )		от 0 до 1,5 кПа (от 0 до 152,958 мм вод.ст.)	$\Delta$ : $\pm 5$ мм вод.ст.	1
Перепад между атмосферным давлением и полным давлением в испытательном боксе (Параметр: $P_v 121$ )		от 0 до 1,5 кПа (от 0 до 152,958 мм вод.ст.)	$\Delta$ : $\pm 5$ мм вод.ст.	1
Давление воздуха перед воздушным стартером (Параметр: $P_{вх СтВ}$ )	Давление избыточное	от 0 до 1,0 МПа (от 0 до 10 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma$ : $\pm 1$ % от ВП	1
Давление топлива на входе в двигатель (Параметр: $P_m ВХ$ )		от 0 до 294,2 кПа (от 0 до 3 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma$ : $\pm 1$ % от ВП	1
Давление топлива на входе в НР-90 (Параметр: $P_m НР$ )		от 0 до 1,18 МПа (от 0 до 12 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma$ : $\pm 1$ % от ВП	1
Давление жидкости на входе в г/н № 1, № 2, № 3 (Параметры: $P_{вх г/н1}$ ; $P_{вх г/н2}$ ; $P_m вх гн (76)$ )		от 0 до 588,4 кПа (от 0 до 6 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma$ : $\pm 1$ % от ВП	3
Давление жидкости на выходе из г/н № 1, № 2, № 3 (Параметры: $P_{вых г/н1}$ ; $P_{вых г/н2}$ ; $P_m вых гн (76)$ )		от 0 до 24,52 МПа (от 0 до 250 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma$ : $\pm 1$ % от ВП	3
Давление масла на входе в двигатель ПС-90А (Параметр: $P_m вх$ )		от 0 до 0,59 МПа (от 0 до 6 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma$ : $\pm 1$ % от ВП	1

Продолжение таблицы 2

Давление воздуха на фланце отбора воздуха на ПОС (Параметр: $P_{в\ пос}$ )	Давление избыточное	от 0 до 784,5 кПа (от 0 до 8 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma: \pm 1\%$ от ВП	1
Давление в мерной емкости перед отбором проб системы СОП (Параметр: $P_{соп1}; P_{соп2}; P_{соп3}$ )		от 0 до 0,4 МПа (от 0 до 4 кгс/см <sup>2</sup> )	$\gamma: \pm 1\%$ от ВП	3
Атмосферное давление (Параметр: $P_{н}$ )	Давление абсолютное	от 93 до 107 кПа	$\Delta: \pm 67,0$ Па	1
ИК температуры газообразных сред с ПИП термоэлектрического типа ТХА, ТХК				
Температура воздуха на фланце отбора воздуха на ПОС (Параметр: $T_{в\ пос}$ )	Температура	от 0 до 600 °С	$\gamma: \pm 1\%$ от ВП	1
Температура воздуха на входе в воздушный стартер (Параметр: $T_{вх\ СтВ}$ )		от -40 до 300 °С	$\gamma: \pm 1\%$ от ДИ	1
ИК температуры жидких и газообразных сред с ПИП терморезистивного типа (термометров сопротивления)				
Температура воздуха на входе в двигатель (Параметры: $T_{вх\ 105}; T_{вх\ 106}; T_{вх\ 107}; T_{вх\ 108}; T_{вх\ 109}; T_{вх\ 110}$ )	Температура	от 223 до 323 К	$\delta: \pm 0,3\%$ от ИЗ	6
Температура топлива на входе в двигатель (Параметр: $T_{т\ вх\ дв}$ )		от -50 до +50 °С	$\gamma: \pm 1,5\%$ от ВП	1
Температура жидкости (НГЖ) на входе в гидронасос (Параметр: $T_{вх\ з/н1}$ )		от -50 до +100 °С	$\gamma: \pm 1,5\%$ от ВП	1
Температура жидкости (АМГ) на входе в гидронасос (Параметр: $T_{м\ амг}$ )		от -50 до +100 °С	$\gamma: \pm 1,5\%$ от ВП	1
Температура воздуха в мерной емкости системы СОП (Параметр: $T_{соп1}; T_{соп2}; T_{соп3}$ )		от -50 до +50 °С	$\gamma: \pm 1\%$ от ВП	3

Продолжение таблицы 2

ИК температуры атмосферного воздуха				
Температура окружающего воздуха ( <i>Параметр: Tн</i> )	Температура	от 233 до 323 К	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$	1
ИК сигналов от датчиков температуры (ТЭДС термопар, соответствующих температуре)				
Температура воздуха за вентилятором ( <i>Параметры: Tв 223; Tв 224; Tв 225; Tв 226; Tв 227</i> )	ТЭДС термопар, соответствующая температуре	от -40 до +90 °С (от -2,431 до 6,133 мВ)	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ДИ}$	5
Температура воздуха за подпорными ступенями ( <i>Параметры: Tнс 220; Tнс 221; Tнс 222</i> )		от -40 до +130 °С (от -2,431 до 9,097 мВ)	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	3
Температура воздуха за КВД ( <i>Параметры: Tв 325; Tв 326; Tв 327</i> )		от 0 до 650 °С (от 0 до 53,492 мВ)	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	3
Температура газа за турбиной средняя по 10 термопарам Т-99 ( <i>Параметр: Tт 555</i> )		от 0 до 650 °С (от 0 до 27,025 мВ)	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	1
ИК относительной влажности атмосферного воздуха				
Относительная влажность атмосферного воздуха ( <i>Параметр: RH<sub>н</sub></i> )	Относительная влажность	от 0 до 99 %	$\gamma: \pm 2 \% \text{ от ВП}$	1
ИК напряжения, частоты и силы переменного трехфазного тока				
Фазовое напряжение в цепи нагрузки генератора переменного тока ( <i>Параметры: Uген1; Uген2; Uген3</i> )	Напряжение переменного тока генератора	от 0 до 150 В	$\gamma: \pm 2,5 \% \text{ от ВП}$	3
Сила тока в цепи нагрузки генератора переменного тока ( <i>Параметры: Аген1; Аген2; Аген3</i> )	Сила переменного тока генератора	от 0 до 500 А	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	3
Частота тока на клеммах контактора нагрузки генератора переменного тока ( <i>Параметр: Fген</i> )	Частота переменного тока генератора	от 350 до 450 Гц	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	1
Примечания: 1 ВП – верхний предел измерения; 2 ИЗ – измеряемое значение; 3 ДИ – диапазон измерений;				



Продолжение таблицы 2

4 $\gamma$ – приведенная погрешность, %;
5 $\delta$ – относительная погрешность, %;
6 $\Delta$ – абсолютная погрешность в единицах измеряемой величины.

Таблица 3 – Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Параметры электрического питания: - напряжение переменного тока, В - частота переменного тока, Гц	220±22 50±1
Потребляемая мощность, В·А, не более	5000
Габаритные размеры основных составных частей средства измерений, (длина×ширина×высота), мм, не более - шкаф сервера - шкаф УСО - коммутационный шкаф	800×600×2200 800×600×2200 500×1000×2000
Условия эксплуатации (в пультовой): - температура воздуха, °С - относительная влажность воздуха при температуре +25 °С, % - атмосферное давление, кПа	от +15 до +35 от 5 до 90 от 60,0 до 106,6

**Знак утверждения типа**

наносится типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации.

**Комплектность средства измерений**

Таблица 4 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество, шт./экз.
Система информационно-измерительная «Каскад-РХИ-2», в том числе первичные преобразователи:		1
Датчик силоизмерительный тензорезисторный	TBC2	1
Счетчик-расходомер массовый кориолисовый Rotamass	RCCS36	1
Преобразователи расхода турбинные	ТПР	5
Датчики давления, разряжения и разности давлений	ADZ-SML	28
Преобразователи давления измерительные	DMP 343	2
Измерительный комплекс давления	ИКД27Дф	2
Барометр рабочий сетевой	БРС-1М-1	1
Преобразователи термоэлектрические	ТП-2088	2
Термометры сопротивления из платины и меди	ТС-1288	9
Измеритель влажности и температуры	ИБТМ-7/1, ИПВТ-03-06	1 3
Трансформаторы тока измерительные	ASK	3
Нормализаторы сигналов	DSCA 33-07	3
Нормализаторы сигналов	DSCA 33-04	1
Нормализаторы сигналов	DSCA 45-02	
Руководство по эксплуатации	468.001-09РЭ	1
Методика поверки	-	1

**Сведения о методиках (методах) измерений**

приведены в разделе «Общие сведения о СИ «Каскад-РХИ-2» руководства по эксплуатации 468.001-09РЭ.

### **Нормативные документы, устанавливающие требования к средству измерений**

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июня 2018 г. № 1339 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 июля 2018 г. № 1621 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 октября 2019 г. № 2498 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2019 г. № 2900 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне  $1 \cdot 10^{-1}$ - $1 \cdot 10^7$  Па»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3457 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 сентября 2021 г. № 1942 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $2 \cdot 10^9$  Гц»;

ГОСТ 8.547-2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов»;

ГОСТ 8.558-2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры»;

ГОСТ Р 8.596-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения»;

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

### **Правообладатель**

Акционерное общество «ОДК-Пермские моторы» (АО «ОДК-ПМ»)

ИНН 5904007312

Адрес: 614010, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, д. 93, к. 61

Телефон: (342) 240-03-80

Факс: (342) 240-03-70

E-mail: pmz@pmz.ru

**Изготовитель**

Акционерное общество «ОДК-Пермские моторы» (АО «ОДК-ПМ»)  
ИНН 5904007312  
Адрес: 614010, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, д. 93, к. 61  
Телефон: (342) 240-03-80  
Факс: (342) 240-03-70  
E-mail: pmz@pmz.ru

**Испытательный центр**

Государственный научный центр Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И.Баранова»  
(ФАУ «ЦИАМ им. П.И.Баранова»)  
Адрес: 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 2  
Телефон: (499) 763-61-67  
Факс: (499) 763-61-10  
E-mail: info@ciam.ru  
Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № 30093-11.

