

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «15» марта 2021 г. №320

Регистрационный № 81284-21

Лист № 1
Всего листов 22

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система измерительная СИ-1/ГТД-30

Назначение средства измерений

Система измерительная СИ-1/ГТД-30 (далее - система) предназначена для измерений давления и температуры воздуха (газов) и жидкостей (топлива, масла), массового расхода топлива и воздуха, расхода (прокачки) масла, силы от тяги двигателя, параметров вибрации, частоты электрических сигналов, сопротивления постоянному току, силы и напряжения постоянного тока.

Описание средства измерений

Принцип действия системы основан на измерении первичными измерительными преобразователями (далее - ПИП) физических величин, преобразовании их в электрические сигналы, поступающие на вход аппаратуры сбора и преобразования сигналов в цифровой код для дальнейшей его передачи в промышленный компьютер, осуществляющий обработку, выдачу, хранение информации и ведение печатного протокола.

Система позволяет выполнять задачи, требующие высокой производительности и надежности измерительных систем для непрерывной работы в жестких условиях под управлением оперативной системы реального времени. Система представляет собой многофункциональную встраиваемую контрольно-измерительную аппаратуру, основой которой является технология реконфигурируемого ввода\вывода NI cRIO.

Система состоит из шасси со встроенной «ПЛИС», контроллера реального времени и модулей ввода\вывода.

Конструктивно система включает в себя:

– размещенные в десяти шкафах (ША1 – ША10): крейты с оборудованием системы сбора данных (ССД), выполненные в стандартах cRIO, LXI, PXI/SCXI, PXI; рабочие станции Kraftway Credo - промышленные компьютеры (далее – ПК); подсистема синхронизации; подсистема единого времени; нормализаторы сигналов; сетевые коммутаторы; источники питания; аппаратура виброконтроля СВКА 2 (регистрационный номер (далее – рег. №) 41918-09 в Федеральном информационном фонде) в комплекте с вибропреобразователями ABC 132, АНС 066; сервер;

– автоматизированные рабочие места (АРМ1, АРМ2) в составе: ПК; видеомониторов; сетевых коммутаторов; источников бесперебойного питания; лазерного принтера; барометра рабочего сетевого БРС-1М (рег. № 16006-97), измерителя влажности и температуры ИВТМ-7 (рег. № 71394-18);

– комплект ПИП.

Комплект ПИП содержит:

- датчики весоизмерительные тензорезисторные С (рег. № 53636-13);
- расходомер-счетчик массовый OPTIMASS 7000 (рег. № 50998-12);
- турбинный преобразователь расхода ТПР14 (рег. № 8326-04);
- датчики давления, разрежения и разности давлений ADZ (рег. № 49870-12);
- преобразователи измерительные давления: ЗОНД-10 (рег. № 15020-07);
- термопреобразователи сопротивления ТП-9201 (рег. № 48114-11);
- термопреобразователи сопротивления из платины ТСП-1388 (рег. № 58808-14);

- вибропреобразователи АВС 132 (рег. № 11279-88);
- вибропреобразователи АНС 066 (рег. № 14113-94);
- акселерометры СА 280 (в комплекте с усилителями сигнала IPC 704 и блоками гальванической развязки GSI-130) (рег. № 61291-15).

Шкафы ША1 - ША5 и ПИП расположены в помещении испытательного бокса, АРМ1 – в помещении пультовой, шкафы ША6 - ША10 и АРМ2 – в помещении комнаты измерений.

Шкафы ША1 - ША5 соединены с ПИП линиями связи длиной до 50 м. Шкафы ША6 - ША10 соединены с АРМ1 и АРМ2 через сетевые коммутаторы линиями связи Ethernet до 25 м.

Структурная схема системы приведена на рисунке 1.

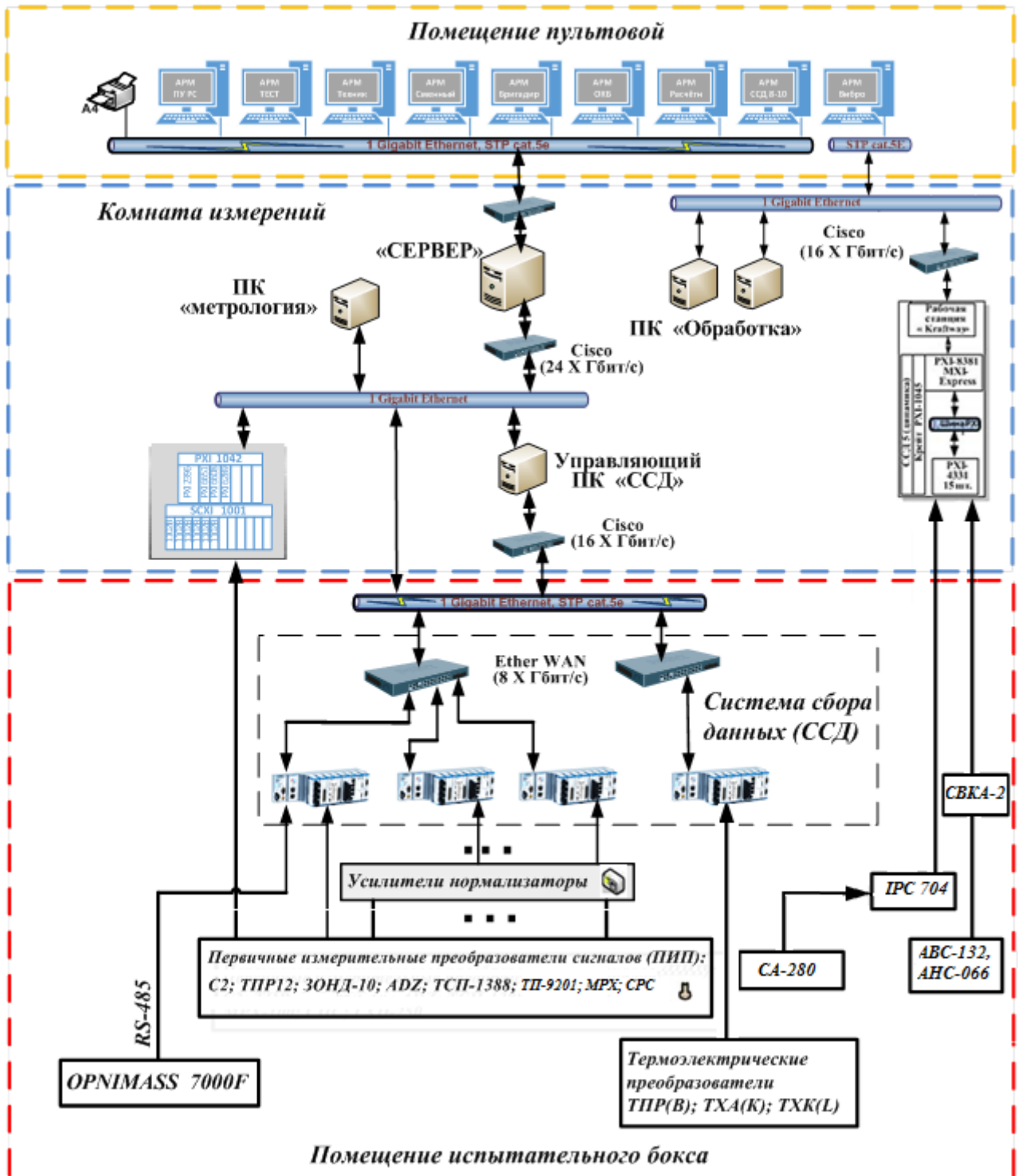


Рисунок 1 – Структурная схема системы

Функционально система состоит из измерительных каналов (далее - ИК):

- давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления;
- температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления, и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры;
- напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л);
- частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов двигателя;
- силы от тяги двигателя;
- массового расхода воздуха;
- параметров вибрации;
- расхода (прокачки) масла;
- массового расхода топлива.

Принцип действия ИК давления воздуха (газов) и жидкостей основан на зависимости выходного электрического сигнала ПИП от воздействия на его чувствительный элемент измеряемого давления (абсолютного, избыточного, давления-разрежения, разности давлений). Электрический сигнал с выхода ПИП поступает на вход аналогово-цифрового преобразователя (далее - АЦП), преобразуется в цифровой код, регистрируемый ПК с последующим вычислением по известной функции преобразования ИК значения измеренного давления.

Принцип действия ИК силы постоянного тока, соответствующей значениям давления, основан на преобразовании с помощью АЦП значения силы постоянного тока в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением по известной индивидуальной функции преобразования ИК измеренного значения силы постоянного тока.

Принцип действия ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления (ТП-9201, ТСП-1388), основан на зависимости изменения сопротивления ПИП от температуры среды. Сопротивление постоянному току ПИП преобразуется АЦП в цифровой код, поступающий в ПК, где по известной функции преобразования ИК с учетом номинальной статической характеристики термопреобразователя сопротивления вычисляется измеренное значение температуры.

Принцип действия ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, основан на преобразовании с помощью АЦП сопротивления постоянному току в цифровой код, регистрируемый ПК с последующим определением по программе измеренного значения сопротивления.

Принцип действия ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л), основан на преобразовании АЦП напряжения постоянного тока ПИП в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением по известной функции преобразования ИК измеренного значения напряжения постоянного тока.

Принцип действия ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения роторов, основан на преобразовании модулем нормализации сигналов FL157A частотного сигнала с выхода ПИП (магнитоиндукционные датчики ДЧВ-2500) в электрические сигналы уровня ТТЛ-логики. Эти сигналы преобразуются АЦП в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением по известной индивидуальной функции преобразования ИК измеренного значения частоты.

Принцип действия ИК силы от тяги двигателя основан на воздействии на ПИП (С2) силы от тяги, вследствие чего происходит разбалансировка тензометрического моста ПИП. Электрический сигнал напряжения постоянного тока с выхода ПИП, пропорциональный измеряемой силе, поступает на вход АЦП, преобразуется в цифровой код, регистрируемый ПК, с последующим вычислением по известной функции преобразования ИК измеренного значения силы от тяги.

Принцип действия ИК массового расхода воздуха основан на использовании уравнения Бернулли, устанавливающего зависимость между изменением скоростного напора и перепадом давления в сужающем устройстве, представляющем собой расходомерный коллектор (РМК), выполненный в соответствии с требованиями ОСТ 1 02555-85 и расположенный на входе в двигатель. Массовый расход воздуха определяется по программе ПК с использованием результатов измерений перепада давления и температуры воздуха в РМК с учетом геометрических размеров РМК, эмпирических коэффициентов и физических констант для воздуха в соответствии с документом «Методика измерений параметров РД-33 серии 2 и 3, РД-33МК, РД-93 и их модификаций при испытании на стенде №2 ПАО «УМПО» (свидетельство об аттестации методики (методов) измерений № 0362/RA.RU.3105691/2017).

Принцип действия ИК параметров вибрации основан на использовании ПИП (вибропреобразователей АВС 132 и АНС 066, акселерометров СА 280), преобразующих виброускорение корпуса двигателя в значения электрического заряда. Сигнал с вибропреобразователей АВС 132 и АНС 066 поступает на вход аппаратуры измерений роторных вибраций СВКА-2 и затем – на вход АЦП. Сигнал с акселерометров СА 280 поступает на вход модуля гальванической развязки GSI-130 и усилителя заряда ИРС-704, и затем – на вход АЦП. Цифровой сигнал с выхода АЦП регистрируется ПК, с последующим вычислением параметров вибрации.

Принцип действия ИК расхода (прокачки) масла основан на преобразовании ПИП (ТПР14) расхода масла в частоту электрического сигнала. Электрический частотный сигнал с выхода ПИП поступает на вход модуля нормализации сигналов FL157А, который приводит сигналы к уровню ТТЛ-логики. Эти сигналы преобразуются АЦП в цифровой код, регистрируемый ПК. Расход (прокачка) масла определяется по программе ПК с учетом известной функций преобразования ПИП.

Принцип действия ИК массового расхода топлива основан на использовании расходомер-счетчика массового ОПТИМАСС 7000, состоящего из первичного преобразователя расхода (сенсора) и электронного преобразователя сигналов (конвертера) МФС 300. Измеряемая среда (топливо), поступающая в сенсор, разделяется на равные половины, протекающие через две сенсорные трубки. Под действием электромагнита сенсорные трубки совершают вынужденные колебания в противоположных друг к другу направлениях. Кориолисовы силы, возникающие при прохождении топлива через сенсорные трубки, вызывают фазовое смещение колебаний противоположных концов трубок, измеряемое с помощью детекторов скорости. Сигналы с детекторов поступают на вход электронного преобразователя, с выхода которого информация об измеренном значении массового расхода топлива поступает по интерфейсу RS-485 в ПК.

Общий вид и внутреннее устройство шкафов ША1 - ША10 с указанием мест пломбировки (МП) от несанкционированного доступа к системе и нанесения знаков утверждения типа (ЗТ) и поверки (ЗП) представлены на рисунках 2 – 11.

Общий вид АРМ1 и АРМ 2 представлен на рисунках 12 и 13.



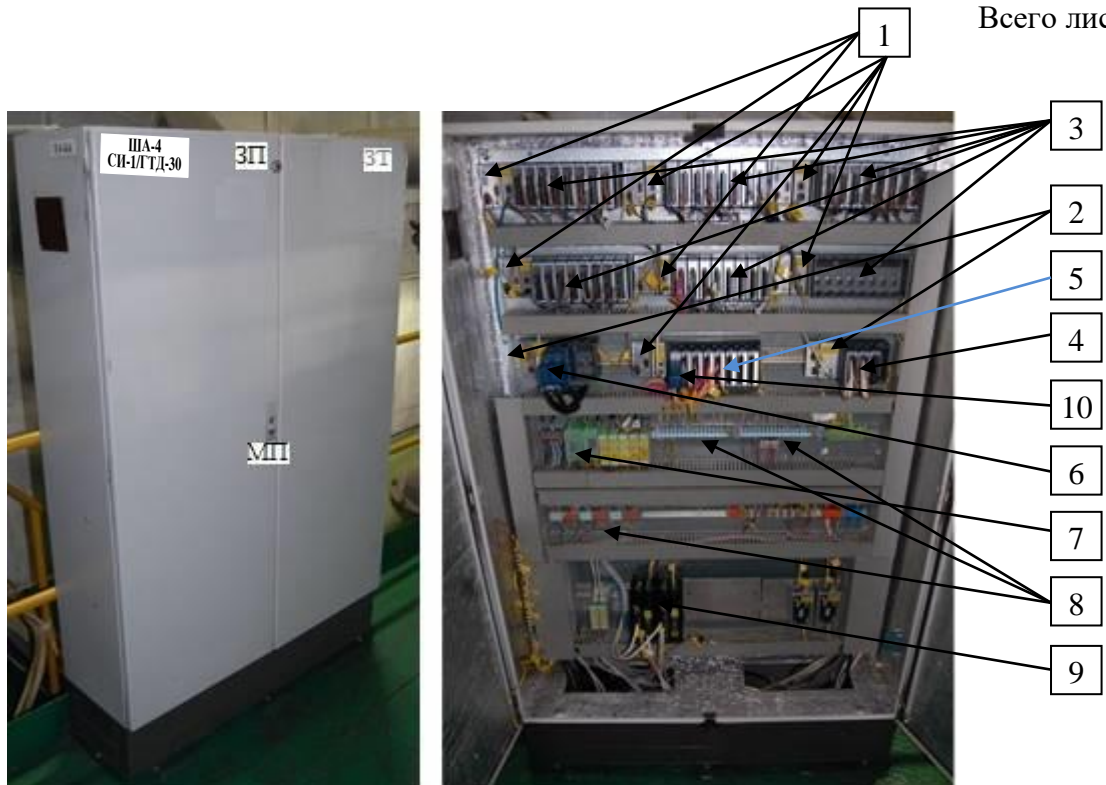
1 – преобразователи измерительные давления ЗОНД-10; 2 – клеммные соединения (WAGO)
Рисунок 2 – Шкаф ША1. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди)



1 – преобразователи измерительные давления ЗОНД-10; 2 – клеммные соединения (WAGO)
Рисунок 3 – Шкаф ША2. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди)



1 – контроллеры cRIO-9074; 2 – модули ввода сигнала с термопар cRIO-9214; 3 – цифровые TTL модули ввода NI cRIO-9401; 4 – клеммные соединения (WAGO)
Рисунок 4 – Шкаф ША3. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди и справа)



1 – контроллеры cRIO-9074; 2 – контроллеры cRIO-9075; 3 – модули аналогового ± 20 мА cRIO-9203; 4 – модули аналогового ввода от ± 200 мВ до ± 10 В cRIO-9205; 5 – модули аналогового ввода сигналов с резистивных датчиков температуры cRIO-9217; 6 – мостовой/полумостовой модуль аналогового ввода cRIO-9237; 7 – преобразователи частотных сигналов FL157A-003; 8 – клеммные соединения (WAGO); 9 – сетевой коммутатор EtherWAN EX70980-00B; 10 – цифровой TTL модуль ввода NI cRIO-9401

Рисунок 5 – Шкаф ША4. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди)



1 – усилители IPC-704 сигнала вибропреобразователя CA-280; 2 – блоки искрозащиты GSI-130; 3 – клеммные соединения (WAGO)

Рисунок 6 – Шкаф ША5. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди)



1 – контроллер сRIO-9075; 2 – модуль аналогового ввода сRIO-9205 $\pm 10\text{В}$; 3 – клеммные соединения (WAGO)

Рисунок 7 – Шкаф ША6. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди и с тыльной стороны)



1 – источники питания для ПИП - LAMBDA-NNS15-24; 2 – источники питания для контроллеров - NI PS-15; 3 – источники питания для коммутаторов DR-30-24; 4 – источники питания для обогрева приборных шкафов SITOP POWER 20; 5 – клеммные соединения (WAGO)

Рисунок 8 – Шкаф ША7. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди и с тыльной стороны)



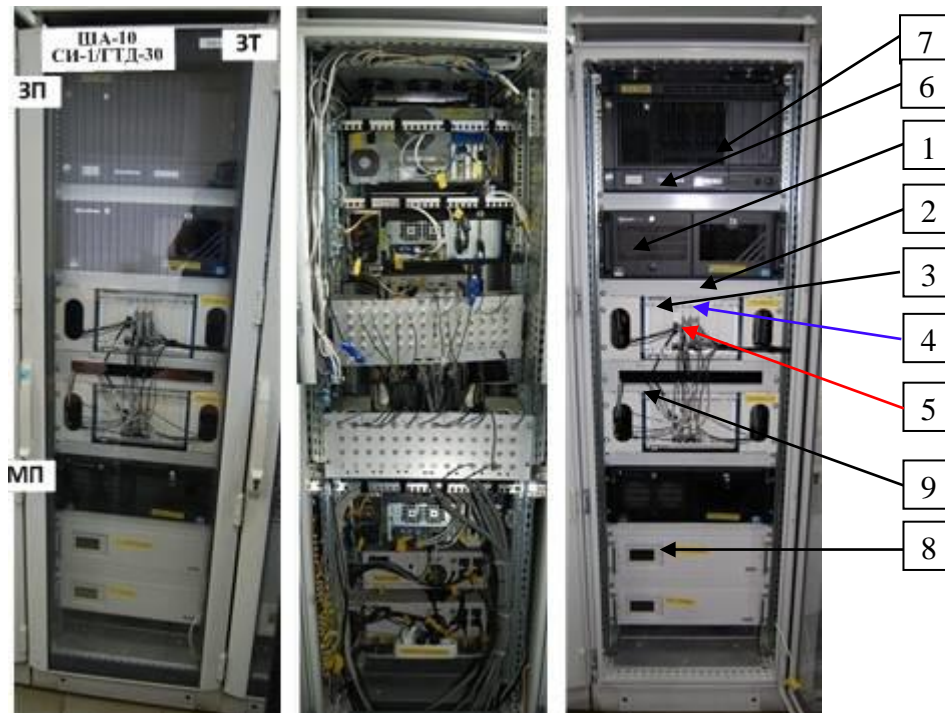
1 – преобразователь NI ENET-232/2; 2 – машина времени FEI-Zyfer GPStarPlus model 565-210-01 Rev. P; 3 – ПК Kraftway Credo KW20; 4 – коммутаторы Cisco SG300-20 SRW2016-K9 V04; 5 – KVM – переключатель АТЕМ CS1708i; 6 – ПК Arbyte CADStation; 7 – ИБП PowerCom SMK-2000A RM

Рисунок 9 – Шкаф ША8. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди и с тыльной стороны)



1 – ПК Kraftway Credo KW24; 2 – ПК Kraftway Credo KW20; 3 – коммутатор Cisco SG300-20 SRW2016-K9 V04; 4 – ИБП PowerCom SMK-2000A RM

Рисунок 10 – Шкаф ША9. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди и с тыльной стороны)



1 – ПК Kraftway Credo KW20; 2 – шасси NI PXI-1042 (ИК виброконтроля Т-4); 3 – контроллер NI PXI-8360; 4 – модули для виброакустических измерений NI PXI-4472; 5 – модуль для виброакустических измерений NI PXI-4472B; 6 – коммутатор Cisco SG300-20 SRW2016-K9 V04; 7 – аппаратура измерения вибраций СВКА-2М-3; 8 – ИБП PowerCom SMK-2000A RM; 9 – шасси NI PXI-1042 (ИК виброконтроля Т-3)

Рисунок 11 – Шкаф ША10. Общий вид и внутреннее устройство (вид спереди и с тыльной стороны)

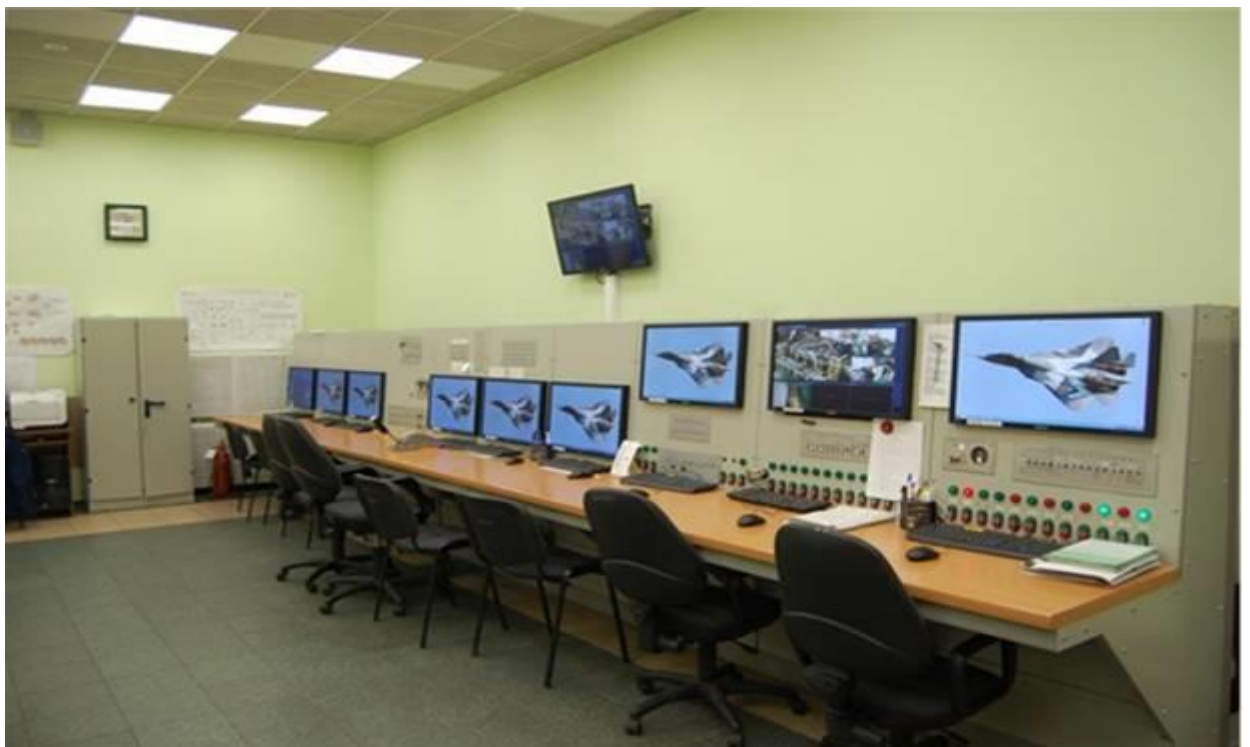


Рисунок 12 – Помещение пультовой АРМ1. Общий вид



Рисунок 13 – Помещение комнаты измерений АРМ2. Общий вид

Программное обеспечение

Программное обеспечение (далее - ПО) системы состоит из системного (основного) и прикладного (вспомогательного).

Системное ПО предназначено для создания среды функционирования комплекса технических средств и реализации требований, предъявляемых к метрологическому, информационному и математическому обеспечению и обеспечения обмена информацией между задачами системы измерительной.

Системное ПО работает под управлением многозадачной операционной системы «Windows 7» и многозадачной операционной системы реального времени «LabVIEW RT»

Прикладное ПО позволяет создавать СИ графические формы индикации параметров, задачи отображения, оценки и обработки параметров расчета переходных режимов, сохранения информации об испытаниях в архивах данных, слежения за аварийными значениями параметров, формирования печатного протокола.

К прикладному ПО относятся: среда разработки виртуальных приборов «LabVIEW 15.1 PDS» (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench); язык программирования «LabWindows CVI»; пакет программ «Microsoft Office».

Метрологически значимая часть ПО системы и измеренные данные защищены с помощью специальных средств защиты от преднамеренных изменений. Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «высокий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО указаны в таблице 1. Алгоритм вычисления идентификатора ПО – MD5.

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО

Наименование ПО	Значение		
	Библиотека обработки параметров	Библиотека работы с коэффициентами	Библиотека вычислительных функций
Идентификационное наименование ПО	(PЧ)Обработка параметров.llb	(PЧ)Коэффициенты.llb	(PЧ)Функции.llb
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1	1.1	1.1
Цифровой идентификатор ПО	a440e5e398e3f8665010a5a8a65662ca	b28945d2a731e0dae67e027c0a65357a	840ff3edb560db281e833a9363cc8160

Окончание таблицы 1

Наименование ПО	Значение	
	Библиотека идентификации ПО	ПО метрологических исследований
Идентификационное наименование ПО	(PЧ)Идентификация.lvb	Система метрологической поверки.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1	1.3
Цифровой идентификатор ПО	f29194f1970553686ef001cb96d047ee	71ad0d37985077eb67ce4f80837eb022

Метрологические и технические характеристики системы

Таблица 2 – Состав и метрологические характеристики ИК системы, включающих ПИП и вторичную часть ИК

Характеристики ИК				Состав ИК			
наименование ИК	количество ИК	диапазон измерений	пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	Избыточное давление жидкостей						
	1	от 0 до 0,0981 МПа	±1,0 % (γ от ВП) ¹⁾	ЗОНД-10-ИД	±0,1 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9203	±(0,04+0,012·ВП/ИБ) %
	1	от 0 до 0,2942 МПа					
	1	от 0 до 0,5884 МПа					
	1	от 0 до 0,9807 МПа					
	2	от 0 до 24,517 МПа					
	Избыточное давление воздуха (газов)						
	3	от 0 до 0,9807 МПа	±0,3 % (γ от ВП)	ЗОНД-10-ИД	±0,1 % (γ от ВП)	АЦП cRIO-9203	±(0,04+0,02·ВП/ИБ) %
	3	от 0 до 5,884 МПа					
	Разность давлений воздуха (газов)						
	2	от 0 до 1 кПа	±50 Па (Δ) ²⁾	ЗОНД-10-ДД	±0,15 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9203	±(0,04+0,02·ВП/ИБ) %
	2	от 0 до 25 кПа	±0,3 % (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=12,5 кПа, ±0,3 % (δ) ³⁾ в диапазоне измерений от 12,5 до 25 кПа		±0,1 % (γ от ВП)		

Продолжение таблицы 2

Характеристики ИК				Состав ИК			
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
Разность давлений воздуха (газов)							
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей	12	от 0 до 5 кПа	±0,2 % (γ от ВП)	СРС	±0,1 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9205	±(0,0215+ +0,004·ВП/ИБ) %
	4	от 0 до 10 кПа		МРХ2010			
	12	от 0 до 20 кПа		МРХ2050			
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления	Температура жидкостей						
	1	от 273 до 473 К (от 0 до 200 °С)	±1,0 % (γ от ВП) ВП=200 °С	ТП-9201	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ) в диапазоне от - 200 до +150 °С, ±1,0 °С (Δ) в диапазоне от +150 до +850 °С
	1	от 273 до 393 К (от 0 до 120 °С)	±1,0 % (γ от ВП) ВП=120 °С	ТП-9201	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ)
	Температура воздуха (газов)						
	6	от 223 до 323 К (от - 50 до +50 °С)	±0,3 % (δ)	ТСП-1388	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ) в диапазоне от - 200 до +150 °С, ±1,0 °С (Δ) в диапазоне от +150 до +850 °С
1	от 273 до 473 К (от 0 до 200 °С)	ТП-9201					

Продолжение

таблицы

2

Характеристики ИК				Состав ИК				
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК		
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности	
Горизонтальная составляющая силы от тяги (Rx)								
ИК силы от тяги двигателя	1	от 0 до 176,52 кН (от 0 до 18000 кгс)	$\pm 0,5\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=123,56 кН, $\pm 0,5\%$ (δ) в диапазоне измерений от 123,56 до 176,52 кН	Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2-20-С3	Класс точности С3 по ГОСТ Р 8.726-2010	АЦП NI cRIO-9237	(0,05+ +0,05·ВП/ИВ) %	
	Вертикальная составляющая силы от тяги (Ry)							
	1	от 0 до 98,067 кН (от 0 до 10000 кгс)	$\pm 0,6\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=68,647 кН, $\pm 0,6\%$ (δ) в диапазоне измерений от 68,647 до 98,067 кН	Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2Н-2-С3	Класс точности С3 по ГОСТ Р 8.726-2010	АЦП NI cRIO-9237	$\pm(0,05+$ +0,05·ВП/ИВ) %	
Боковая составляющая силы от тяги (Rz)								
1	от 0 до 49,033 кН (от 0 до 5000 кгс)	$\pm 1,0\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 0 до ВП=34,323 кН, $\pm 1,0\%$ (δ) в диапазоне измерений от 34,323 до 49,033 кН	Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2Н-2-С3	Класс точности С3 по ГОСТ Р 8.726-2010	АЦП NI cRIO-9237	$\pm(0,05+$ +0,05·ВП/ИВ) %		

Продолжение таблицы 2

Характеристики ИК				Состав ИК			
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
ИК массового расхода воздуха ⁴⁾	1	от 90 до 140 кг/с	±0,5 % (δ)	ЗОНД-10-ДД	±0,15 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9203	±(0,04+ 0,02·ВП/ИВ) %
					±0,1 % (γ от ВП)		
				ТСП-1388	Класс допуска А по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	±0,5 °С (Δ)
ИК параметров вибрации	6	Виброскорость от 10 до 100 мм/с Диапазон частот от 63 до 250 Гц	±10,0 % (γ от ВП)	СА 280	±5,0 % (γ от ВП)	IPC 704	±0,2% (γ от ВП)
						АЦП NI PXI-4472B	±1,2 % (δ)
	ABC-132			±5,0 % (γ от ВП)	«СВКА 2»	±5,0 % (γ от ВП)	
					АЦП NI PXI-4472B	±1,2 % (δ)	
	АНС-066			±5,0 % (γ от ВП)	«СВКА 2»	±5,0 % (γ от ВП)	
					АЦП NI PXI-4472B	±1,2 % (δ)	
ИК расхода (прокачки) масла	1	от 15 до 70 л/мин	±1,0 % (γ от ВП)	ТПР14	±0,4 % (γ от ВП)	АЦП NI cRIO-9401	±6·10 ⁻⁶ % (δ)

Характеристики ИК				Состав ИК			
Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности (нормированы для рабочих условий)	ПИП		Вторичная часть ИК	
				тип	пределы допускаемой основной погрешности	тип аппаратуры	пределы допускаемой основной погрешности
ИК массового расхода топлива	2	от 400 до 45000 кг/ч	$\pm 0,3\%$ (γ от ВП) в диапазоне измерений от 400 до ВП= 10000 кг/ч, $\pm 0,3\%$ (δ) в диапазоне измерений от 10000 до 45000 кг/ч	OPTIMASS 7000	$\pm(0,1 + 0,01 \cdot \text{ВП/ИВ})\%$	RS-485. Плата последовательного обмена «Translo A52/53»	$\pm 0,0\%$ (передача измерительной информации в цифровом коде)
<p>1) γ от ВП – приведенная к верхнему пределу (ВП) измерений погрешность;</p> <p>2) Δ – абсолютная погрешность;</p> <p>3) δ – относительная от измеряемой величины (ИВ) погрешность. Для ИК температуры воздуха – ИВ в К;</p> <p>4) ПИП и вторичная часть приведены из состава: ИК давления воздуха; ИК температуры воздуха</p>							

Допускается применять ПИП утвержденного типа, отличающиеся от указанных в таблице 2, имеющие аналогичные или лучшие метрологические характеристики.

Таблица 3 – Состав и метрологические характеристики ИК системы с входными электрическими сигналами от ПИП

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК ¹⁾
ИК давления воздуха (газов) и жидкостей и силы постоянного тока, соответствующей значениям давления (в части измерений силы постоянного тока)	275	от 4 до 20 мА (от -0,06865 до 34,3233 МПа)	Датчики давления ЗОНД-10 и ADZ	АЦП NI cRIO-9203	$\pm 0,1 \%$ (γ от ВП) ²⁾
ИК температуры воздуха (газов) и жидкостей, измеряемой термопреобразователями сопротивления и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры (в части измерений сопротивления постоянному току)	7	от 80 до 200 Ом (от -50 до +263 °С)	Термопреобразователи сопротивления платиновые по ГОСТ 6651-2009	АЦП NI cRIO-9217	$\pm 0,1 \%$ (γ от ВП)
ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры воздуха (газов), измеряемой термоэлектрическими преобразователями типа ТПР(В), ТХА(К), ТХК(Л)	32	от 0,431 до 13,591 мВ (от 573 до 2073 К)	Термоэлектрические преобразователи ТПР(В) по ГОСТ Р 8.585-2001	АЦП NI cRIO-9214	$\pm 0,2 \%$ (γ от ВП)
	160	от -2 до +45,119 мВ (от 220 до 1373 К)	Термоэлектрические преобразователи ТХА(К) по ГОСТ Р 8.585-2001	АЦП NI cRIO-9214	
	144	от -2 до +53,492 мВ (от 240 до 923 К)	Термоэлектрические преобразователи ТХК(Л) по ГОСТ Р 8.585-2001	АЦП NI cRIO-9214	
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора вентилятора двигателя	1	от 300 до 3500 Гц (от 890 до 10400 об/мин)	Датчик частоты вращения магнитоиндукционный ДЧВ-2500	АЦП NI cRIO-9401	$\pm 0,1 \%$ (γ от ВП)

Окончание таблицы 3

Наименование ИК	Количество ИК	Диапазон измерений (диапазон показаний на дисплее системы)	Источник сигнала на входе ИК	Тип аппаратуры ИК	Пределы допускаемой основной погрешности ИК ¹⁾
ИК частоты электрических сигналов, соответствующей значениям частоты вращения ротора компрессора двигателя	1	от 300 до 3500 Гц (от 1180 до 13800 об/мин)	Датчик частоты вращения магнитоиндукционный ДЧВ-2500	Цифровой TTL модуль ввода/вывода NI cRIO-9401	±0,1 % (γ от ВП)
<p>¹⁾ Пределы допускаемой основной погрешности ИК в таблице 3 приведены без учета погрешностей ПИП.</p> <p>²⁾ γ от ВП – приведенная к верхнему пределу измерений погрешность.</p>					

Таблица 4 - Технические характеристики системы

Наименование характеристики	Значение характеристики
Габаритные размеры, мм, не более	
- шкафы ША1, ША2	
высота	1200
ширина	600
длина	1200
- шкаф ША3	
высота	1500
ширина	400
длина	1500
- шкафы ША4, ША5	
высота	1400
ширина	400
длина	1400
- шкафы ША6, ША7, ША8, ША9, ША10	
высота	1800
ширина	600
длина	800
Суммарная масса системы, кг, не более	1500
Параметры электропитания	
- напряжение переменного тока, В	от 198 до 242
- частота переменного тока, Гц	от 49,6 до 50,4
Потребляемая мощность, В·А, не более	7500
Рабочие условия эксплуатации	
- температура окружающего воздуха, °С	от + 15 до +25
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, %	от 30 до 80
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа)	от 720 до 780 (от 96 до 104)

Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации и в виде наклейки на лицевую панель шкафов ША1 - ША10.

Комплектность средства измерений

Таблица 5 - Комплектность системы

Наименование	Обозначение	Количество
1 Датчик весоизмерительный тензорезисторный	C2H-20-C3	1
2 Расходомер-счетчик массовый	OPNIMASS 7000 N25	2
3 Датчик избыточного давления, давления-разрежения и разности давлений	ADZ	12
4 Преобразователь измерительный давления	ЗОНД-10	38
5 Датчики разности давления	CPC, MPX 2010, MPX 2050	28
6 Термопреобразователь сопротивления	ТП-9201	6
7 Термопреобразователь сопротивления из платины	ТСП-1388	6
8 Акселерометр	СА 280	6
9 Вибропреобразователь	АНС-066	2
10 Вибропреобразователь	ABC 132	3
11 Турбинный преобразователь расхода	ТПР14	1
12 Преобразователь измерительный давления	ЗОНД-10	96
13 Клеммные соединения	WAGO	144
14 Преобразователь измерительный давления	ЗОНД-10	96
15 Клеммные соединения	WAGO	144
16 Контроллер	cRIO-9074	3
17 Модуль ввода сигнала с термопары	NI cRIO-9214	21
18 Цифровой TTL модуль ввода	NI cRIO-9401	3
19 Клеммные соединения	WAGO	448
20 Контроллер	cRIO-9074	7
21 Контроллер	cRIO-9075	2
22 Модуль аналогового ввода ± 20 mA	NI cRIO-9203	40
23 Модуль аналогового ввода с резистивных датчиков	NI cRIO-9217	7
24 Цифровой TTL модуль ввода	NI cRIO-9401	1
25 Мостовой модуль аналогового ввода	NI cRIO-9237	2
26 Модуль аналогового ввода ± 10 В	NI cRIO-9205	3
27 Сетевой коммутатор	EtherWAN EX70980-00B	2
28 Преобразователь частотных сигналов	FL157A-003	3
29 Клеммные соединения	WAGO	128
30 Усилитель сигнала акселерометра СА 280	IPC-704	6
31 Блок гальванической развязки	GSI-130	6
32 Клеммные соединения	WAGO	264
33 Контроллер	NI cRIO-9074	1
34 Модуль аналогового ввода ± 10 В	NI cRIO-9205	1
35 Клеммные соединения	WAGO	192
36 Источник питания для ПИП	LAMBDA-NNS15-24	29
37 Источник питания для контроллеров	NI PS-15	9

Продолжение таблицы 5

Наименование элемента системы	Обозначение	Количество
38 Источник питания для обогрева ША7	SITOP POWER 20	4
39 Источник питания для коммутаторов	DR-30-24	2
40 Клеммные соединения	WAGO	80
41 ПК	Kraftway Credo KW20	1
42 ПК	Arbyte CADStation	1
43 Коммутатор	Cisco SG300-20 SRW2016-K9 V04	2
44 KVM – переключатель	ATEM CS1708i	1
45 Машина времени	FEI-Zyfer GPStarPlus model 565-210-01 Rev. P	1
46 Преобразователь	NI ENET-232/2	1
47 ИБП	PowerCom SMK-2000A RM	1
48 ПК	Kraftway Credo KW20	1
49 ПК	Kraftway Credo KW24	1
50 Коммутатор	Cisco SG300-20 SRW2016-K9 V04	1
51 ИБП	PowerCom SMK-2000A RM	1
52 ПК	Kraftway Credo KW20	1
53 Шасси	NI PXI-1042	1
54 Контроллер	NI PXI-8360	1
55 Модуль	NI PXI-4472B	1
56 Модуль	NI PXI-4472	2
57 Аппаратура измерения вибраций	CBKA-2M-3	1
58 Коммутатор	Cisco SB SRW2016-K9-EU	1
59 ИБП	PowerCom SMK-2000A RM	1
60 ПК	Kraftway Credo KW20	3
61 ПК	Kraftway Credo KW31	3
62 ПК	Kraftway Credo KC51	1
63 ПК	Arbyte T	2
64 ПК	Arbyte CADStation	1
65 Монитор – плоскопараллельный ЖК-27"	Samsung S27E650D	8
66 Монитор – плоскопараллельный ЖК 19"	Samsung E1920NR	1
67 Монитор – плоскопараллельный ЖК 24"	Samsung S24C450BW	1
68 ИБП	PowerCom IMP-1500A	7
69 ИБП	PowerCom RPT-1000A	1
70 ИБП	PowerCom RPT-800A	1
71 ИБП	APC Smart-UPS SC 620	1
72 Настольная клавиатура	Genius	9
73 Настольная клавиатура	Logitech	1
74 Мышь	Logitech	1
76 Мышь	Genius	1
77 Мышь	A4Tech	1
78 Мышь	Microsoft	7
79 Принтер лазерный	HP LaserJet Pro 400 color M4561dn	1
80 ПК	Kraftway Credo KW20	1
81 ИБП	PowerCom BNT-1000AP	1
82 Монитор – плоскопараллельный ЖК 24"	Samsung S24C450BW	1
83 Монитор – плоскопараллельный ЖК 24"	NEC AS241W	1

Окончание таблицы 5

Наименование элемента системы	Обозначение	Количество
84 Настольная клавиатура	Logitech	1
85 Мышь	Logitech	1
86 Мышь	Genius	1
87 Мышь	A4Tech	1
88 Мышь	Microsoft	7
89 Принтер лазерный	HP LaserJet Pro 400 color M4561dn	1
90 ПК	Kraftway Credo KW20	1
91 ИБП	PowerCom BNT-1000AP	1
92 Монитор – плоскопараллельный ЖК 24"	Samsung S24C450BW	1
93 Монитор – плоскопараллельный ЖК 24"	NEC AS241W	1
94 Настольная клавиатура	Genius	1
95 Настольная клавиатура	Logitech	1
96 Мышь	Genius	1
97 Мышь	A4Tech	1
98 Барометр рабочий сетевой	БРС-1М	1
99 Измеритель влажности и температуры	ИВТМ-7	1
100 Программное обеспечение	СИ-1/ГТД-30	1
101 Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Руководство по эксплуатации	521.30.004.00 РЭ	1
102 Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Форумуляр	521.30.004.00 ФО	1
103 Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Методика поверки	521.30.004.00 МП	1
104 Система измерительная СИ-1/ГТД-30. Параметры изделий 30, 117, 96, 99, 39, их модификаций и перспективных изделий при стендовых испытаниях. Методика измерений	521.30.004.00 МИ	1

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в документе - 521.30.004.00 МИ «Параметры изделий 30, 117, 96, 99, 39, их модификаций и перспективных изделий при стендовых испытаниях. Методика измерений».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системе измерительной СИ-1/ГТД-30

ГОСТ 14014-91 Приборы и преобразователи измерительные цифровые напряжения, тока, сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ 8.027-2001 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы

ГОСТ 8.187-76 ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений разности давлений в диапазоне до $4 \cdot 10^4$ Па

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

ГОСТ 8.640-2014 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений силы

Приказ Росстандарта от 7 февраля 2018 года № 256 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа»

Приказ Росстандарта от 29 декабря 2018 года № 2825 «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 Росстандарта от 31 июля 2018 года № 1621 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»

Приказ Росстандарта от 01 октября 2018 года № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А»

Приказ Росстандарта от 15 февраля 2016 года № 146 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления»

Приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 года № 2772 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»

Приказ Росстандарта от 29 июня 2018 года № 1339 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»

Приказ Росстандарта от 06 декабря 2019 года № 2900 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па»

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

ОСТ 1 02716-91 «Системы силоизмерительные многокомпонентные испытательных стендов авиационных ГТД. Общие требования»

ОСТ 1 02555-85 «Система измерения расхода воздуха с коллектором на входе авиационных ГТД при стендовых испытаниях. Общие требования»

