

**УТВЕРЖДЕНО**  
приказом Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии  
от «28» июля 2021 г. № 1517

Регистрационный № 82477-21

Лист № 1  
Всего листов 10

**ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Система автоматизированная информационно-измерительная «СПРУТ УВ-3К»**

**Назначение средства измерений**

Система автоматизированная информационно-измерительная «СПРУТ УВ-3К» (далее по тексту – Система) предназначена для измерений параметров авиационных двигателей, систем и агрегатов: силы от тяги двигателя; крутящего момента на валу двигателя; давления газообразных и жидких сред; частоты вращения роторов (частоты электрического сигнала, соответствующего частоте вращения роторов); расхода (массового расхода топлива и частоты электрического сигнала, соответствующего объемному расходу (прокачке) жидкостей); электрических сигналов (напряжения постоянного тока и сопротивления постоянному току), соответствующих значениям температуры в диапазоне преобразований первичных преобразователей (ПП) термоэлектрического типа – ТХА (К), ТХК (L) и терморезистивного типа – ТСП, ТСМ; температуры холодного спая и относительной влажности воздуха при испытаниях на стенде УВ-3К ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва.

**Описание средства измерений**

Система имеет разветвленную структуру, включающую в себя датчики, нормализаторы сигналов, аналого-цифровые преобразователи, кабельные каналы передачи информации и цифровую аппаратуру «верхнего уровня» (специализированные модули приёма и преобразования электрических сигналов, компьютер со специализированным программным обеспечением, средства отображения и передачи информации).

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

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

- модуль измерений давления газа (воздуха) и жидкостей (МИД);
- модуль измерений температур газа (воздуха), жидкостей (МИТ);
- модуль измерений расхода жидкостей (МИРЖ);
- модуль измерений частоты вращения роторов (МИЧВР);
- модуль измерений относительной влажности (МИВ);
- модуль измерений силы от тяги двигателя (МИС);
- модуль измерений крутящего момента силы (МИСКМ).

МИД предназначен для измерения давлений и перепадов давлений в газовоздушных и гидравлических каналах и полостях стенда и двигателя. МИД включает в свой состав виброчастотные ПП абсолютного давления БРС-1М-3, тензометрические ПП абсолютного давления ADZ, WKA, тензометрические и емкостные ПП избыточного и дифференциального давления ADZ, Autrol, а также измерительные модули LTR27, LTR11, LTR51 и устройство связи с объектом (УСО) фирмы «Л КАРД», с помощью которых аналоговые выходные

сигналы ПП преобразуются в цифровые коды. Для обработки выходных сигналов напряжения постоянного тока (датчики БРС-1М, ADZ, WIKА), используются измерительные модули LTR11. Обработка выходных сигналов силы постоянного тока (Autrol, WIKА) осуществляется submodule Н-27I20 модуля LTR27.

Цифровые коды, полученные при обработке сигналов датчиков, через канал обмена данными УСО вводятся в компьютер, где на основании известных градуировочных характеристик преобразуются в цифровой код давления.

МИТ предназначен для измерения напряжения постоянного тока и сопротивления постоянному току, соответствующих значениям температуры в диапазоне преобразований ПП:

- термопреобразователей сопротивления типа ТСП, ТСМ;
- термоэлектрических преобразователей (термопар) типа ТХА (К), ТХК (L).

Измерение сопротивлений, соответствующих температурам, производится по 4-х проводной схеме с использованием измерительных модулей LTR27, на которых установлены submodule Н-27R100 и Н-27R250, обеспечивающие стабилизированное питание и преобразование аналоговых сигналов ПП в цифровые коды. Цифровые коды через канал обмена данными УСО вводятся в компьютер для регистрации и дальнейшей обработки.

Измерение напряжения постоянного тока, соответствующего температуре, осуществляется на базе измерительных модулей LTR27, на которых установлены submodule Н-27Т.

Для измерения температур «холодных» спаев для групп термопар, располагаемых в термостабилизированных клеммных коробках, в МИТ реализован отдельный ИК на базе термометра сопротивления.

МИРЖ включает две подсистемы: модуль измерений массового расхода топлива (МИМРТ) и модуль измерений частоты переменного тока, соответствующей объемному расходу (прокачке) жидкости (МИОРЖ).

Измерение массового расхода топлива в модуле МИМРТ осуществляется с помощью массового расходомера Promass 80F. Выходной сигнал расходомера поступает на submodule Н-27I20 измерительного модуля LTR27 системного УСО, преобразовывается в цифровой сигнал и через канал обмена данными вводится в компьютер, где на основании известных градуировочных характеристик преобразуются в цифровой код, соответствующий величине массового расхода топлива.

Измерение частоты переменного тока, соответствующей объемному расходу (прокачке) жидкости, осуществляется с помощью нормализатора сигналов ME-401 и измерительного модуля LTR51. Нормализатор ME-401 усиливает и преобразует синусоидальный сигнал в импульсный сигнал TTL-уровня. Измерительный модуль LTR51 с помощью submodule Н-51FL преобразует этот сигнал в цифровой сигнал. Цифровой сигнал через канал обмена данными УСО вводится в компьютер, где на основании известных градуировочных характеристик преобразуются в цифровой код, соответствующий величине объемного расхода жидкостей.

МИЧВР предназначен для измерения частоты электрического сигнала, соответствующей частоте вращения роторов. Частотный сигнал преобразуется в нормализаторе сигналов ME-401 в импульсный сигнал TTL-уровня, который далее поступает на вход измерительного модуля LTR51, где преобразуется в цифровой код. Цифровой код частоты сигнала поступает в компьютер, где с использованием известной градуировочной зависимости преобразуется в цифровой код физической величины – частоты вращения роторов двигателя.

МИВ реализован на основе преобразователя влажности и температуры EE23. Величина относительной влажности, измеряемая преобразователем в месте установки его чувствительного элемента, преобразуется в токовый выходной сигнал. Этот сигнал трансформируется submodule Н-27I20 модуля LTR27 системного УСО в цифровой код и через канал обмена данными вводится в компьютер, где на основании известной градуировочной характеристики преобразуются в цифровой код, соответствующий величине относительной влажности.

МИС работает следующим образом: сила от тяги двигателя уравнивается силой реакции тензорезистивного датчика типа С2, включённого в систему измерений по мостовой схеме. Питание датчика и преобразование выходного сигнала датчика в цифровой код, пропорциональный силе от тяги, осуществляются модулем LTR212. Полученный цифровой код вводится в компьютер, где на основании известной градуировочной характеристики преобразуются в цифровой код, соответствующий величине силы от тяги двигателя.

МИСКМ предназначен для измерения крутящего момента на валу двигателя и включает в себя гидротормоз (ГТ) типа РТ150Х02 фирмы Power Test с рычажным устройством. Использование ГТ позволяет имитировать характеристики реального воздушного винта и основано на использовании сопротивления, возникающего при вращении дисков гидротормоза в воде. Тормозящий момент, воздействующий на диски, вращающиеся в кожухе с водой, зависит от толщины слоя воды и через воду передаётся на сам кожух. Момент, передаваемый на кожух, уравнивается силой реакции тензометрического датчика Vishay, жёстко связанного одним концом (через систему рычагов) с кожухом, а другим – со станиной ГТ. Питание датчика и преобразование выходного сигнала датчика в цифровой код осуществляются модулем LTR212. Полученный цифровой код вводится в компьютер, где на основании известной градуировочной характеристики преобразуются в цифровой код, соответствующий крутящему моменту силы.

Общий вид Системы представлен на рисунке 1.

Схема пломбировки от несанкционированного доступа приведена на рисунке 2.



Рисунок 1 – Общий вид Системы



Рисунок 2 – Схема пломбировки от несанкционированного доступа

### Программное обеспечение

Программное обеспечение Системы формируется двумя уровнями программных средств. Нижний уровень, поставляемый фирмой-разработчиком аппаратных средств (ООО «Л КАРД»), отвечает за обмен информацией первичных преобразователей с модулями измерительной установки LTR. Верхний проблемно-ориентированный пакет программ (ПО СПРУТ/W), разработанный специалистами ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», предназначен для обслуживания испытаний различных типов двигателей и их узлов.

ПО СПРУТ/W обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- подготовку и настройку Системы к проведению испытаний различных объектов;
- градуировку измерительных каналов;
- регистрацию величин измеряемых параметров на установившихся и переходных режимах;
- обработку результатов измерений по программам пользователя;
- настройку форм представления и отображения измеренных и расчетных величин на экране дисплея (таблицы, графики, гистограммы и т.д.);
- постэкспериментальную обработку и анализ результатов испытаний;
- организацию и обслуживание баз данных экспериментальной информации.

Программное обеспечение построено по модульному принципу и позволяет из отдельных независимых частей программного пакета в диалоговом режиме формировать интерфейс, который в наибольшей степени подходит для решения конкретной задачи.

Пакет базируется на максимальном использовании общепризнанных стандартов. Обмен данными с другими приложениями для WINDOWS осуществляется при помощи механизмов OLE (Object Linking and Embedding) и DDE (Dynamic Data Exchange). Для работы с базами данных применяются ODBC (Open DateBase Connectivity) и язык запросов SQL (Structured Query Language).

ПО может работать в программной среде операционных систем «Windows XP» или «Windows 7» (фирма «Microsoft»).

Метрологически значимая часть ПО и измеренные данные достаточно защищены с помощью специальных средств защиты от непреднамеренных и преднамеренных изменений.

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «высокий» по Р 50.2.077 - 2014.

Идентификационные данные (признаки) ПО при работе в ОС «Windows XP» указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	«СПРУТ/W – СПО»
Номер версии (идентификационный номер) ПО	7.5
Цифровой идентификатор ПО	B7CDDD95966836BB2D707BE95829C9EC
Алгоритм вычисления идентификатора	MD5

**Метрологические и технические характеристики**

Основные метрологические характеристики Системы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Физические параметры (обозначение)	Измеряемые величины	Значение входного сигнала	Пределы допускаемой погрешности	Кол-во каналов	
1	2	3	4	5	
ИК силы от тяги двигателя					
Сила от тяги двигателя	Сила от тяги двигателя	от 1 до 10 кН	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	1	
		от 10 до 20 кН	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$		
ИК крутящего момента силы					
Крутящий момент силы	Крутящий момент силы	от 300 до 1500 Н·м	$\gamma: \pm 0,5 \% \text{ от ВП}$	1	
		от 1500 до 3000 Н·м	$\delta: \pm 0,5 \% \text{ от ИЗ}$		
ИК массового и объёмного расхода					
Массовый расход топлива	Массовый расход	от 50 до 2000 кг/ч	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	1	
Частота переменного тока, соответствующая прокачке масла	Частота переменного тока	от 0,02 до 0,5 кГц	$\delta: \pm 0,1 \% \text{ от ИЗ}$	1	
ИК абсолютного, избыточного и дифференциального давлений					
Перепад давления воздуха на входе в РМУ	Дифференциальное давление	от 0,2 кПа до 35 кПа	$\gamma: \pm 0,3 \% \text{ от ВП}$	3	
Атмосферное давление	Абсолютное давление	от 20 до 110 кПа	$\Delta: \pm 67 \text{ Па}$	1	
Полное давление воздуха во входном трубопроводе		от 20 до 200 кПа	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	1	
Базовое (опорное) давление воздуха в барокамере		от 20 до 200 кПа	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	1	
Полное давление на входе в РМУ		от 20 до 200 кПа	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	3	
Давление газов за свободной турбиной		от 20 до 160 кПа	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	4	
Статическое давление газов на срезе сопла		от 20 до 160 кПа	$\delta: \pm 0,3 \% \text{ от ИЗ}$	3	
Давления воздуха за КВД		Избыточное давление	от 20 кПа до 2 МПа	$\gamma: \pm 0,3 \% \text{ от ВП}$	4
Давления воздуха за КНД			от 20 кПа до 400 кПа	$\gamma: \pm 0,3 \% \text{ от ВП}$	4
Давление топлива в магистрали	от 20 до 300 кПа		$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	1	
Давление топлива на входе в двигатель	от 20 до 300 кПа		$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	1	
Давление топлива в коллекторах	от 0 до 8 МПа		$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	2	
Давление топлива перед РТ	от 0 до 6 МПа		$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	1	
Давление масла в полостях и опорах двигателя	от 0 до 500 кПа		$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	5	

Продолжение таблицы 2

Давление масла на входе и выходе МФ	Избыточное давление	от 0 до 1 МПа	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	2
Давление воздуха в системе запуска		от 0 до 600 кПа	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	2
		от 0 до 10 МПа		1
Давление гидросмеси в сливной магистрали		от 0 до 6 МПа	$\gamma: \pm 1 \% \text{ от ВП}$	1
ИК электрических сигналов (напряжения постоянного тока и сопротивления постоянному току), соответствующих значениям температуры в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа ТХА (К), ТХК (L) и терморезистивного типа ТСП, ТСМ; ИК температуры холодного спая				
Температура воздуха (газа) по тракту ГТД в диапазоне от 213 до 1473 К	Напряжение постоянного тока	от -5 до +50 мВ	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	15
	Сопротивление постоянного тока	от 35 до 250 Ом	$\gamma: \pm 0,05 \% \text{ от ВП}$	7
Температура воздуха (газа) в газоздушных трактах стендовых и вспомогательных систем и агрегатов в диапазоне от 213 до 873 К	Напряжение постоянного тока	от -5 до +50 мВ	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	8
	Сопротивление постоянного тока	от 35 до 250 Ом	$\gamma: \pm 0,05 \% \text{ от ВП}$	1
Температура корпусов и деталей в диапазоне от 213 до 473 К	Напряжение постоянного тока	от -5 до +50 мВ	$\gamma: \pm 0,1 \% \text{ от ВП}$	3
Температура холодного спая в диапазоне от 263 до 303 К	Температура	от -10 до +30 °С	$\Delta: \pm(0,5 + 0,002 \cdot  t ) \text{ } ^\circ\text{C}$ , где t – измеренное значение	1
ИК частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения				
Частота электрического сигнала датчиков вращения роторов ГТД, соответствующая частотам вращения валов ГТД и вспомогательных устройств	Частота переменного тока	от 10 до 2500 Гц	$\delta: \pm 0,1 \% \text{ от ИЗ}$	3
ИК относительной влажности				
Относительная влажность воздуха (газа)	Относительная влажность	от 0 до 100 %	$\gamma: \pm 2 \% \text{ от ВП}$	1

Примечания:

$\gamma$  – приведенная погрешность;

$\delta$  – относительная погрешность;

$\Delta$  – абсолютная погрешность.

ВП – верхний предел диапазона измерений;

ИЗ – измеряемое значение;

Погрешности измерения установившихся значений параметров, выраженные в процентах от измеренного значения (ИЗ), определяются в диапазоне режимов работы от максимального значения тяги ГТД до 0,5 значения этих параметров на бесфорсажном режиме; в остальном диапазоне пониженных режимов – с указанной относительной погрешностью от максимального значения параметра, соответствующего верхнему пределу этого диапазона.

Таблица 3 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
<b>Параметры электрического питания:</b>	
- напряжение переменного тока, В	220±22
- частота переменного тока, Гц	50±1,0
Потребляемая мощность, В·А, не более	2000
<b>Габаритные размеры составных частей средства измерений, мм, (высота×ширина×длина), не более:</b>	
- модуль измерений силы	500 × 1270 × 8500
- модуль измерений силы от крутящего момента	1000 × 1500 × 1500
- модуль измерений массового расхода топлива	700 × 700 × 700
- модуль измерений давления	500 × 500 × 500
- модуль измерений температуры	500 × 500 × 500
- модуль измерений частоты вращения роторов	340 × 300 × 300
- модуль измерений относительной влажности	135 × 120 × 70
<b>Условия эксплуатации оборудования Системы в помещении пультовой и измерительном зале</b>	
- температура воздуха, °С	от 15 до 30
- относительная влажность воздуха при температуре +25 °С, %	от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106
<b>Условия эксплуатации оборудования Системы, размещенного в испытательном боксе</b>	
- температура воздуха, °С	от -60 до 60
- относительная влажность воздуха при температуре +25 °С, %	до 90
- атмосферное давление, кПа	от 70 до 106
Срок службы, лет, не менее	10

### Знак утверждения типа

наносится типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации и на верхний левый угол шкафа приборного в виде наклейки.

### Комплектность средства измерений

Таблица 4 – Комплектность средства измерений

Наименование (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)	Кол-во	Примечание
Датчик весоизмерительный тензорезистивный С, модификация С2-0.5-С2 (53636-13)	1	В составе МИС
Гидротормоз РТ150Х02 фирмы «Power Test»	1	В составе МИСКМ
Тензометрический датчик Vishay, модель 3410 (58367-14)	1	В составе МИСКМ
Барометр рабочий сетевой БРС-1М-3 (16006-97)	1	В составе МИД
Преобразователи давления AUTROL, модель АРТ3100 (37667-13)	3	В составе МИД
Преобразователи давления AUTROL, модель АРТ3200 (37667-13)	5	В составе МИД
Преобразователи давления WIKA, модель Р-30 (54410-13)	7	В составе МИД
Датчики избыточного давления ADZ-SiMX-20.0-g-6 (49870-12)	13	В составе МИД
Датчики избыточного давления ADZ-SML-20.0-g-1 (49870-12)	2	В составе МИД
Датчики избыточного давления ADZ-SiMX-20.0-g-25 (49870-12)	4	В составе МИД
Датчики избыточного давления ADZ-SML-20.0-g-6 (49870-12)	2	В составе МИД
Датчики избыточного давления ADZ-SML-20.0-g-10 (49870-12)	3	В составе МИД
Расходомер массовый Promass 80F (15201-11)	1	В составе МИРЖ
Нормализаторы сигналов одноканальные МЕ-401 фирмы ООО «НПП «МЕРА» (20859-09)	2	В составе МИРЖ и МИЧВР
Термопреобразователь сопротивления платиновый ТСП-Н, класс	1	В составе МИТ

допуска А по ГОСТ 6651-2009 (38959-12)		
Преобразователь влажности и температуры ЕЕ23 (62021-15)	1	В составе МИВ
Продолжение таблицы 4		
Измерительные модули LTR11 (35234-15)	4	В составе МИД
Измерительный модуль LTR212 (35234-15)	1	В составе МИС и МИСКМ
Измерительные модули LTR27 (35234-15)	7	В составе МИТ, МИД, МИРЖ и МИВ
Измерительный модуль LTR51 (35234-15)	1	В составе МИС и МИЧВР
Установка измерительная LTR, модель LTR-U-16-1 (35234-15)	1	
Источник бесперебойного питания фирмы APC модель Back-UPS RS-1500VA	1	
Усилитель – разветвитель сети HUB	1	
Блок питания датчиков давления АТН-2235 фирмы «Актаком»	2	
Рабочее место операторы на базе ПК	1	
Руководство по эксплуатации	1	РЭ СПРУТ УВ-3К
Методика поверки	1	МП СПРУТ УВ-3К

**Сведения о методиках (методах) измерений** приведены в разделе 4 руководства по эксплуатации.

#### **Нормативные документы, устанавливающие требования к Системе**

ОСТ 1 01021-93 Стенды испытательные авиационных газотурбинных двигателей.

Общие требования;

ГОСТ Р 8.596-2002 ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Общие положения;

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

ГОСТ Р 8.840-2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне  $1 - 1 \cdot 10^6$  Па;

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

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 г. № 2091 Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А;

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 15 февраля 2016 г. № 146 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления;

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 07 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.

