

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора
ФБУ «Пермский ЦСМ»



А.Л. Каргашев
_____ 2018 г.

СИСТЕМА СИЛОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СТЕНДА ОС-5 «СИС-ОС5»

Методика поверки

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на Систему силоизмерительную стенда ОС-5 «СИС-ОС5», заводской номер № 1 (далее – Система) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Система предназначена для измерений силы от тяги газотурбинных двигателей (далее – ГТД) при проведении испытаний на испытательном стенде ОС-5 АО «ОДК-Авиадвигатель».

1.3 В состав измерительного канала силы от тяги двигателя входят:

- датчик силоизмерительный тензорезисторный U10M/250KN (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – рег. №) 41034-09);

- комплекс измерительно-вычислительный МИС-036R (рег. № 20859-09).

1.4 Метрологические характеристики Системы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики Системы

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений измерительного канала силы от тяги двигателя, кгс	от -4000 до -510 от 510 до 18000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений измерительного канала силы от тяги двигателя, кгс: - в диапазоне измерений от -4000 до -510 кгс - в диапазоне измерений от 510 до $0,5 \cdot Y_{\max}$, кгс	± 27 ± 27
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений измерительного канала силы от тяги двигателя, %: - в диапазоне измерений от $0,5 \cdot Y_{\max}$ до Y_{\max} , кгс	$\pm 0,3$
Примечания 1 Y_{\max} – значение верхнего предела диапазона измерений; 2 Диапазон измерений от -4000 до -510 кгс – диапазон измерений силы от тяги двигателя на режимах реверсирования тяги (режимах обратной тяги) ГТД	

1.5 Интервал между поверками – 1 год.

1.6 Поверка Системы осуществляется методом прямых измерений (нагрузением Системы контрольными усилиями, направленными по линии действия силы от тяги ГТД).

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик Системы	7.3	да	да
4 Оформление результатов поверки	8	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного и вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.1	Барометр aneroid БАММ-1, (80 – 106) кПа, ПГ $\pm 0,2$ кПа Прибор комбинированный Testo-608-N1, (0 – 50) °С, ПГ $\pm 0,5$ °С; (10 – 95) %, ПГ ± 3 %
6.1	Секундомер механический СОСпр-2б-2-000, (рег. № 11519-11), (0 – 60) с, (0 – 60) мин, КТ 2 Уровень брусковый 200-0,15 по ГОСТ 9392-89, ПГ $\pm 0,15$ мм/м
7.3	Рабочий эталон единицы силы 2 разряда по ГОСТ 8.640-2014 (динамометр электронный переносный АЦД, (5 – 50) кН, ПГ $\pm 0,06$ %) Рабочий эталон единицы силы 2 разряда по ГОСТ 8.640-2014 (датчик силоизмерительный НВМ U10M, ($2 \cdot 10^3$ – $5 \cdot 10^3$) кгс, ПГ $\pm 0,12$ %; вторичный весовой преобразователь ТВ-014, ($5 \cdot 10^3$ – $2,5 \cdot 10^4$) кгс, ПГ $\pm 0,06$ %)

3.2 Эталоны, применяемые при поверке, должны соответствовать требованиям Постановления Правительства РФ от 23.09.2010 № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». Иные средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены.

3.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик Системы с требуемой точностью.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности электроустановок потребителей», указаниями по безопасности, изложенными в эксплуатационной документации на Систему, применяемые средства поверки.

4.2 Нагружение и разгружение Системы поверочным градуировочным устройством (далее - ПГУ) должны производиться со скоростью, не превышающей $0,2 \cdot Y_{\max}$ в минуту.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, % 45 – 80;
- атмосферное давление, кПа 84,0 – 106,0;

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие свидетельства о предыдущей поверке Системы (при периодической поверке);
- подготовить согласно технической и нормативной документации средства поверки;
- проверить возможность включения/выключения электромеханического вибратора;

- проверить горизонтальность силопередающих звеньев ПГУ;
- с помощью ПГУ нагрузить Систему силой $Y = 18000$ кгс (при поверке в диапазоне измерений от 510 до 18000 кгс) и $Y = \text{минус } 4000$ кгс (при поверке в диапазоне измерений от минус 4000 до минус 510 кгс), выдержать 5 минут, осмотреть все силопередающие элементы Системы, разгрузить Систему полностью, установить на условный «нуль» показания ПГУ. Повторить данную операцию 3 раза.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должны быть проверены:

- соответствие поверяемой Системы требованиям технической документации в части комплектности, маркировки и внешнего вида, соответствие крепления силопередающих (силовоспринимающих) опор, призм и подушек требованиям технической документации, состояние их рабочих поверхностей (сколы кромок и механические повреждения рабочих поверхностей призм недопустимы);
- отсутствие задевания подвижных частей динамометрической платформы о неподвижные узлы стенда;
- наличие заземления контуров компонентов Системы и металлических шкафов, в которых они расположены;
- внешний вид каждого измерительного компонента Системы, с целью выявления возможных механических повреждений, загрязнения, следов коррозии, влияющих на функционирование и метрологические характеристики Системы;
- соответствие установки и монтажа измерительных компонентов Системы требованиям технической документации;
- соединительные провода не должны иметь каких-либо повреждений.

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании проверяют эксплуатационные свойства Системы:

- возможность включения, выключения и функционирования Системы в соответствии с документацией;
- функционирование всех средств измерений и вспомогательного оборудования, входящих в состав Системы;
- отсутствие ошибок обмена между Системой и системой автоматизированной ПАРУС-М1;
- функционирование компьютера, загрузку операционной системы и программного обеспечения «Recorder». Запущенное программное обеспечение не должно выдавать и отображать ошибки;
- поступление измерительной информации со всех функционирующих измерительных преобразователей СИС и ПГУ, регистрация результатов измерения и трендов (графиков).

7.2.2 При опробовании необходимо убедиться, что показания Системы соответствуют значениям вводимых параметров.

7.2.3 Показания Системы считываются с монитора компьютера Системы.

7.2.4 Провести идентификацию программного обеспечения MERA Recorder следующим образом. Выбрать пункт меню «О программе». Отображенные данные о наименовании программного обеспечения и его версии должны совпадать с данными, указанными в описании типа Системы.

7.3 Определение метрологических характеристик Системы

7.3.1 Для определения метрологических характеристик Системы поверка проводится комплектным методом.

7.3.2 При определении погрешности Системы в поверяемой точке диапазона измерений с помощью ПГУ на рабочем эталоне устанавливается значение физической величины Y_{σ}^j и считывается значение физической величины Y_l^j с монитора компьютера. Задаются не менее пятнадцати значений входного сигнала при прямом и обратном ходе, включая крайние точки диапазона измерений: минус 4000, минус 3600, минус 1800, минус 510, 510 кгс; 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 % от Y_{\max} .

7.3.3 Показания снимаются, выраженные в конкретной физической величине. В каждой контрольной точке прямого и обратного хода фиксируется по 10 полученных значений $Y_l^j, i = 1..10, j = 1..15$. Перед отсчётом показаний на (1 – 2) с необходимо включать электровибратор Системы. Отсчёт показаний Системы и рабочего эталона необходимо вести при выключенном вибраторе после установления стабильного показания Системы.

7.3.4 Определение случайной составляющей погрешности измерений Системы

7.3.4.1 Вычисляются средние значения показаний Y_l^j для прямого и обратного ходов в каждой точке диапазона измерений Системы по формулам (1) и (2) соответственно.

$$\overline{Y_n^j} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Y_{in}^j}{10}, \quad (1)$$

$$\overline{Y_p^j} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Y_{ip}^j}{10}, \quad (2)$$

где $\overline{Y_n^j}$ – среднее значение показаний Y_{in}^j на прямом ходе в j-ой точке диапазона измерений Системы, кгс;

$\overline{Y_p^j}$ – среднее значение показаний Y_{ip}^j на обратном ходе в j-ой точке диапазона измерений Системы, кгс.

7.3.4.2 Вычисляется среднее значение всех показаний Y_l^j , полученных на прямом и обратном ходах, в j-ой точке диапазона измерений Системы по формуле (3).

$$\overline{Y^j} = \frac{\overline{Y_n^j} + \overline{Y_p^j}}{2} \quad (3)$$

где $\overline{Y^j}$ – среднее значение показаний Y_l^j на прямом и обратном ходе в j-ой точке диапазона измерений Системы, кгс.

7.3.4.3 Вычисляется вариация показаний Y_l^j в каждой точке диапазона измерений Системы по формуле (4).

$$a^j = Y_{in}^j - Y_{ip}^j, \quad (4)$$

где a^j – вариация показаний, кгс.

7.3.4.4 Вычисляются случайные отклонения показаний Y_l^j на прямом и обратном ходе в j-ой точке диапазона измерений Системы по формулам (5) и (6) соответственно.

$$V_{in}^j = Y_{in}^j - \overline{Y^j}, \quad (5)$$

$$V_{ip}^j = Y_{ip}^j - \overline{Y^j}, \quad (6)$$

где V_{in}^j – случайное отклонение показаний Y_{in}^j на прямом ходе в j -ой точке диапазона измерений Системы, кгс;

V_{ip}^j – случайное отклонение показаний Y_{ip}^j на обратном ходе в j -ой точке диапазона измерений Системы, кгс.

7.3.4.5 Вычисляются среднеквадратические погрешности измерений в j -ой точке диапазона измерений Системы по формуле (7).

$$\partial^j = \sqrt{\frac{1}{(n_i^j - 1)} \left(\sum_{i=1}^{i_n} V_{in}^{j2} + \sum_{i=1}^{i_p} V_{ip}^{j2} \right)}, \quad (7)$$

где ∂^j – среднеквадратическая погрешность измерений в j -ой точке диапазона измерений Системы, кгс;

$n_i^j = i_n + i_p$ – общее число наблюдений в j -ой точке диапазона измерений Системы;

i_n – общее число наблюдений показаний Y_{in}^j на прямом ходе в j -ой точке диапазона измерений Системы;

i_p – общее число наблюдений показаний Y_{ip}^j на обратном ходе в j -ой точке диапазона измерений Системы.

7.3.4.6 Пользуясь нормированным значением доверительной вероятности $P=0,95$ и полученным в каждой точке числом измерений n_i^j , по таблице Стьюдента–Фишера находят величину квантилей и вычисляют абсолютное значение случайной составляющей погрешности в каждой точке диапазона измерений Системы по формуле (8).

$$\Delta_{cn}^j = \sqrt{(t\partial^j)^2 + \left(\frac{a_{\max}}{2} \right)^2}, \quad (8)$$

где Δ_{cn}^j – абсолютная случайная составляющая погрешности, вычисленная в j -ой точке диапазона измерений Системы при доверительной вероятности $P=0,95$, кгс;

$t=2,093$ – коэффициент Стьюдента при $n_i^j = 20$ и $P=0,95$;

a_{\max} – максимальная по абсолютной величине вариация показаний Y_i^j , вычисленная по формуле (4), кгс.

7.3.4.7 Вычисляется среднеквадратическая погрешность результатов единичных измерений для всего диапазона измерения Системы по формуле (9).

$$\partial = \sqrt{\frac{1}{(n - j_n)} \sum_{j=1}^{j_n} \left(\sum_{i=1}^{i_n} V_{in}^{j2} + \sum_{i=1}^{i_p} V_{ip}^{j2} \right)}, \quad (9)$$

где ∂ – среднеквадратическая погрешность Системы, вычисленная для всего диапазона измерений при числе результатов единичных измерений $n = 300$, кгс;

$n = \sum_{j=1}^{j_n} n_i^j$ – общее число результатов единичных измерений Системы;

j_n – общее количество контрольных точек диапазона измерений Системы.

7.3.4.8 Вычисляется абсолютная случайная составляющая погрешности Системы для всего диапазона измерений по формуле (10).

$$\Delta_{сл} = \sqrt{(t\sigma)^2 + \left(\frac{a_{\max}}{2}\right)^2}, \quad (10)$$

где $\Delta_{сл}$ – абсолютная случайная составляющая погрешности Системы для всего диапазона измерений, кгс;

$t=1,97$ – коэффициент Стьюдента при $n_i^j=300$ и $P=0,95$.

7.3.5 Определение систематической составляющей погрешности измерений Системы

7.3.5.1 Вычисляется систематическая составляющая погрешности в каждой точке диапазона измерений Системы по формуле (11).

$$\Delta_{сист}^j = \overline{Y_N^j} - Y_{\partial}^j, \quad (11)$$

где $\Delta_{сист}^j$ – систематическая составляющая погрешности измерений, вычисленная в j-ой точке диапазона измерений Системы, кгс.

7.3.6 Расчет абсолютной погрешности измерений Системы для $Y_{\partial}^j \leq 0,5 \cdot Y_{\max}$ производится по формуле (12).

$$\Delta^j = \Delta_{сл} + \left| \Delta_{сист}^j \right|, \quad (12)$$

где Δ^j – абсолютная погрешность измерений, вычисленная в j-ой точке диапазона измерений Системы для $Y_{\partial}^j \leq 0,5 \cdot Y_{\max}$, %;

$\left| \Delta_{сист}^j \right|$ – абсолютная величина систематической составляющей погрешности измерений, вычисленной по формуле (11).

За абсолютную погрешность измерений Системы Δ для $Y_{\partial}^j \leq 0,5 \cdot Y_{\max}$ принимается максимальное значение Δ^j , $j = 1..10$.

7.3.7 Расчёт относительной погрешности измерений Системы для $Y_{\partial}^j \geq 0,5 \cdot Y_{\max}$ производится по формуле (13).

$$\delta^j = \frac{\Delta^j}{Y_{\partial}^j} \cdot 100, \quad (13)$$

где δ^j – относительная погрешность измерений, вычисленная в j-ой точке диапазона измерений Системы для $Y_{\partial}^j \geq 0,5 \cdot Y_{\max}$, %;

Y_{∂}^j – действительное значение силы, соответствующее 50, 60, 70, 80, 90, 100 % от Y_{\max} , кгс.

За относительную погрешность измерений Системы δ принимается максимальное значение δ^j , $j = 10..15$.

7.3.8 Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешностей не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы.

8.2 При положительных результатах поверки Системы оформляется свидетельство о поверке по форме, указанной в действующих нормативных документах в области обеспечения единства измерений РФ.

8.3 При отрицательных результатах поверки Системы оформляется извещение о непригодности к применению по форме, указанной в действующих нормативных документах в области обеспечения единства измерений РФ.