

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И
МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
Уральский научно-исследовательский институт метрологии
(ФГУП «УНИИМ»)

Утверждаю:

Директор ФГУП «УНИИМ»

С.В. Медведевских

2017 г.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Канал измерительный крутящего момента силы стенда испытаний
газотурбинных двигателей

Методика поверки
МП 38 – 231 – 2017

Екатеринбург
2017 г.

Предисловие

1 Разработана: Федеральным государственным унитарным предприятием «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» (ФГУП «УНИИМ»)

2 Исполнитель: Черепанов Б.А., зав. лабораторией ФГУП «УНИИМ»

3 Утверждена: ФГУП «УНИИМ»

4 Введена в действие в июле 2017 г.

Содержание

1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Операции и средства поверки	4
4 Требования безопасности и требования к квалификации поверителей	5
5 Условия поверки	5
6 Подготовка к поверке	5
7 Проведение поверки	6
8 Оформление результатов поверки	9
Приложение А	10

Дата введения в действие:

1 Область применения

Настоящая методика распространяется на канал измерительный крутящего момента силы (в дальнейшем – измерительный канал) стенда испытаний газотурбинных двигателей, (в дальнейшем – стенд), предназначенный для измерений крутящего момента силы (в дальнейшем – $M_{кр}$) при испытаниях газотурбинных двигателей, и устанавливает методику его первичной и периодической поверок.

Рекомендуемый интервал между поверками - один год.

2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.640–2014 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений силы»

ГОСТ 12.2.007.0–75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утверждённый приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815.

ПР 50.2.012–94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений».

МИ 2272–93 «ГСИ, Датчики силоизмерительные и тензорезисторные. Методика поверки».

3 Операции и средства поверки

3.1 При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции:

- внешний осмотр, 7.1;
- опробование 7.2;
- определение метрологических характеристик измерительного канала 7.3.

3.2 В случае невыполнения хотя бы одной операции поверка прекращается, измерительный канал признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не проводят.

3.3 При проведении поверки измерительного канала используют средства поверки, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Средства поверки

Пункт методики	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.1	Термогигрометр CENTER-313, относительная влажность от 10 до 100 %, $\Delta \pm 2,5$ %, температура от минус 20 до плюс 60 °С, $\Delta \pm 0,7$ °С,
7.2 - 7.3	Рабочий эталон 1-го разряда по ГОСТ 8.640–2014, диапазон от 1 до 50 кН. Машина координатная измерительная портативная CimCore 75 (Госреестр № 48067-11) Секундомер СОСпр-26-2, диапазон (0-60) мин, (0-60) с, цена деления 0,2 с.

3.4 Допускается применение средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение метрологических характеристик измерительного канала с требуемой точностью.

3.5 Применяемые при поверке средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке или сертификаты калибровки.

4 Требования безопасности и требования к квалификации поверителей

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», требования, установленные ГОСТ 12.2.007.0 и специальные требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на стенд и средства поверки.

4.2 К поверке канала допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации на стенд и эксплуатационную документацию на средства поверки, имеющие группу по электробезопасности не ниже второй и аттестованные в качестве поверителей средств измерений в соответствии с ПР 50.2.012.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки измерительного канала необходимо соблюдать следующие условия:

- температура окружающего воздуха в диапазоне от 18 до 28 °С с отклонением за время проведения поверки не более ± 2 °С;
- относительная влажность воздуха: от 30 до 80 %;

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед началом поверки необходимо проверить:

- соблюдение условий поверки;
- наличие действующих документов о поверке всех применяемых средств поверки.
- выдержать средства поверки в условиях поверки до установления температурного равновесия между средствами поверки и окружающей средой;

- выполнить подготовку стенда к поверке, заключающуюся в установке и соединении с калибровочным рычагом динамометра в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на гидравлический динамометр серии 545;

- подготовить средства поверки к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документацией на них;

- зафиксировать в протоколе температуру окружающей среды, кроме того температуру необходимо зафиксировать по окончании поверки.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливается соответствие канала следующим требованиям:

- канал, представленный на поверку, укомплектован согласно требованиям эксплуатационной документации;

- поверхности деталей, узлов и измерительных блоков канала чистые и не имеют существенных дефектов лакокрасочных покрытий, механических повреждений и следов коррозии;

- надписи и обозначения не повреждены и легко читаются;

- кабели и соединительные разъёмы кабелей и измерительных блоков канала не имеют повреждений и искажений формы.

7.2 Опробование

7.2.1 Проводят трёхкратное нагружение крутящим моментом силы, равным верхнему пределу измерений (М вх.пр.) канала. Последнюю нагрузку выдерживают не менее 2 минут.

После снятия третьей предварительной нагрузки необходимо дать выдержку в течение 3-х минут для стабилизации нулевых показаний.

7.2.2 Результаты опробования считают положительными, если измерительный канал работоспособен и нулевые показания после снятия нагрузки стабилизируются.

7.3 Определение метрологических характеристик измерительного канала

7.3.1 Подготовка к определению метрологических характеристик измерительного канала

7.3.1.1 Определение длины калибровочного рычага

Длина калибровочного рычага l_p (м) определяется как результат измерений расстояния между центром вала ротора гидротормоза и центром отверстия для крепления калибровочного динамометра (далее – динамометр) с помощью портативной координатной измерительной машины SimCore 75. Результаты измерений отражаются в протоколе, выдаваемом метрологической службой ПАО «Протон-ПМ».

7.3.1.2 Определение калибровочной характеристики динамометра

Калибровочная характеристика динамометра представляет собой зависимость выходного сигнала от приложенной к динамометру силы. Калибровочная характеристика

определяется на основании результатов измерений выходного сигнала динамометра, полученных в трех циклах нагружения и разгружения динамометра с помощью рабочего эталона 1-го разряда по ГОСТ 8.640–2014 в соответствии с требованиями МИ 2272 – 93.

Значение выходного сигнала $\overline{N_{Di}}$ в каждой точке i -ой калибровочной характеристики рассчитывается как среднее арифметическое выходного сигнала в трёх циклах нагружения и разгружения совместно, по формуле

$$\overline{N_{Di}} = \frac{\sum_{k=1}^3 N'_{i} + \sum_{k=1}^3 N''_{i}}{6}, \quad (1)$$

где N'_{i} , N''_{i} – выходные сигналы динамометра при нагружении и разгружении динамометра, соответственно, В.

7.3.1.3 Определение действительных значений крутящего момента силы

Расчёт действительных значений крутящего момента силы $M_{\Sigma i}$, в кН·м, в точках нагрузки, производится исходя из калибровочной характеристики динамометра и длины калибровочного рычага в соответствии с методикой приведенной в приложении А.

7.3.2 Определение приведенной к верхнему пределу измерений статической погрешности измерений крутящего момента силы

С помощью нагружающего устройства, входящего в состав системы калибровки, используя рассчитанные действительные значения крутящего момента силы, канал нагружают ступенями нагрузки от нуля до значения $M_{кр}$, равного 20,0 кН·м.

После достижения значения максимальной нагрузки канал равномерно разгружают, используя те же ступени нагрузки, по которым он нагружался. Число точек нагружения в заданном диапазоне измерений, включая нулевую, должно быть не менее шести. Нагружения необходимо проводить плавно. Перемены знака нагрузки до окончания нагружения не допускаются. В случае несоблюдения этого требования цикл повторяют. Количество циклов нагружения должно быть не менее трёх.

В каждой i -ой точке диапазона измерений для k -го цикла фиксируют показания индикатора измерительного канала при нагружении N'_{ik} (прямой ход) и разгружении N''_{ik} (обратный ход), кН·м.

7.3.3 Обработка результатов измерений

По полученным результатам измерений рассчитывают средние арифметические значения показаний для прямого $\overline{N'_{i}}$ и обратного $\overline{N''_{i}}$ хода отдельно по формулам:

$$\overline{N}'_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n N'_{ik}; \quad (2)$$

$$\overline{N}''_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n N''_{ik}, \quad (3)$$

где n – число циклов нагружения.

Рассчитывают общее среднее значение по формуле

$$\overline{N}_i = \frac{\overline{N}'_i + \overline{N}''_i}{2}. \quad (4)$$

Значение систематической составляющей абсолютной погрешности Δ_{ci} рассчитывают по формуле

$$\Delta_{ci} = \left| \overline{N}_i - M_{\varepsilon i} \right|. \quad (5)$$

Абсолютное значение вариации показаний рассчитывают по формуле

$$h_i = \left| \overline{N}'_i - \overline{N}''_i \right|. \quad (6)$$

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности для прямого S'_i и обратного S''_i хода рассчитывают по формулам:

$$S'_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (N'_{ik} - \overline{N}'_i)^2}{n-1}}; \quad (7)$$

$$S''_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (N''_{ik} - \overline{N}''_i)^2}{n-1}}. \quad (8)$$

Абсолютную погрешность канала измерительного в точках нагрузки Δ_i рассчитывают по формуле

$$\Delta_i = 2 \sqrt{S_{imax}^2 + \frac{h_i^2}{12} + \frac{\Delta_{ci}^2}{3}}, \quad (9)$$

где S_{imax} – максимальное из значений, рассчитанных по формулам (7), (8), кН·м.

Приведенную к верхнему пределу измерений $N_{\text{нр}}$ статическую погрешность измерений крутящего момента силы γ_i (%) рассчитывают по формуле

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i \cdot 100}{N_{\text{нр}}}. \quad (10)$$

Результаты измерений и расчетов, выполненных в процессе проведения поверки, заносят в протокол произвольной формы.

Полученное значение приведенной погрешности должно находиться в интервале $\pm 1,0$ %.

8 Оформление результатов поверки

8.1. Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы, который хранится в организации, проводившей поверку.

8.2 При положительных результатах первичной и периодической поверки оформляется свидетельство о поверке в соответствии с требованиями Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815

8.3 При отрицательных результатах поверки канал измерительный в обращение не допускается, признаётся непригодным к эксплуатации и выдаётся извещение о непригодности в соответствии с требованиями Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 с указанием причин.

Зав. лабораторией метрологии измерений
крутящего момента силы и переменного
давления ФГУП «УНИИМ»



Б.А. Черепанов

**Методика расчета действительных значений крутящего момента силы
по калибровочной характеристике динамометра**

А.1 Действительные значения крутящего момента силы рассчитываются по калибровочной характеристике динамометра (используется метод кусочно-линейной аппроксимации).

А.2 Пример калибровочной характеристики динамометра, представлен в таблице А.1.

Таблица А.1 – Калибровочная характеристика динамометра

Сила, приложенная к динамометру, F_i , кгс	Выходной сигнал вольтметра, $\overline{N_{Di}}$, В
0	0
200	1,002
400	2,003
600	3,002
800	4,002
1000	5,004
1200	6,003
1400	7,003
1600	8,003
1800	9,003
2000	10,003

А.3 Значение силы, задаваемой динамометром F_{inp} в промежуточных точках калибровочной характеристики, рассчитывается по формуле

$$F_{inp} = F_i + \frac{(\overline{N_{Dinp}} - \overline{N_{Di}})}{(\overline{N_{Di+1}} - \overline{N_{Di}})} \cdot (F_{i+1} - F_i), \quad (A.1)$$

где F_i – усилие, задаваемое динамометром в предыдущей точке, кгс;
 F_{i+1} – усилие, задаваемое динамометром в последующей точке, кгс;
 V_{inp} – выходной сигнал вольтметра в промежуточной точке, В;
 V_i – выходной сигнал вольтметра в предыдущей точке, В;
 V_{i+1} – выходной сигнал вольтметра в последующей точке, В.

А.4 Действительные значения крутящего момента силы в каждой точке нагрузки $M_{Эi}$, (кН·м), создаваемое с помощью динамометра, рассчитываются по формуле

$$M_{Эi} = F_i \cdot g_n \cdot l_p , \quad (A.2)$$

где F_i – усилие, задаваемое динамометром в точке нагрузки, кгс;

$g_n = 9,80665$ – нормальное ускорение силы тяжести, м/с²;

l_p – длина калибровочного рычага, м.