



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»  
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель

Генерального директора

ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

С.А. Денисенко  
«25» ноября 2025 г.



**Государственная система обеспечения единства измерений.**

**Мера МАСТЕР-РОТОР**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**РТ-МП - 954-203-2025**

г. Москва, 2025

## 1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на меру МАСТЕР-РОТОР (далее по тексту – мера) производства DANOBAT GROUP, Испания и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверок.

1.1 Мера МАСТЕР-РОТОР не относится к многоканальным измерительным, многопредельным и многодиапазонным средствам измерений, не состоят из нескольких автономных блоков и не предназначены для измерений (воспроизведения) нескольких величин. Поверка отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений не предусмотрена.

1.2 Мера до ввода в эксплуатацию подлежит первичной поверке, после ремонта, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.3 Периодической поверке подвергается мера, находящаяся в эксплуатации, через установленный межповерочный интервал. Мера, введенная в эксплуатацию и находящаяся на длительном хранении (более одного интервала между поверками), подвергается периодической поверке только после окончания хранения.

1.4 Мера применяется в качестве рабочего эталона 3 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 472 от 06 апреля 2021 г.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 Метрологические требования к средствам измерений, используемым в качестве рабочего эталона 3 разряда

Поверяемый параметр	Доверительные границы абсолютной погрешности	
	при применении в качестве средства измерений	при применении в качестве рабочего эталона
П. 9.1 Определение действительных значений параметров меры, отклонений радиусов лопаток меры от номинального значения и проверка доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса при доверительной вероятности 0,95%, мм	-	±0,015
	-	±0,012

1.5 Обеспечение прослеживаемости поверяемой меры к Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба ГЭТ 192-2019 осуществляется при поверке методом прямых измерений рабочими эталонами Государственной поверочной схемы для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 472 от 06 апреля 2021 г.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки меры должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1.	да	да
Подготовка к поверке и опробование	8		
Определение метрологических характеристик средств измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	да	да
Определение действительных значений параметров меры, отклонений радиусов лопаток меры от номинального значения и проверка доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса	9.1	да	да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9.2	да	да

2.2 В случае отрицательного результата при проведении одной из операций, поверку меры прекращают и мера признается не прошедшей поверку.

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Поверку следует проводить в нормальных условиях окружающей среды:

- температура окружающего воздуха, °C  $20 \pm 2$ ;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80

3.2 Меру и средства измерений и поверки выдерживают не менее 2 часов при постоянной температуре, соответствующей нормальным условиям.

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на меру и средства поверки и работающие в организации, аккредитованной на право проведения поверки средств измерений.

4.2 Поверитель обязан иметь соответствующую подготовку и опыт работы с мерой, а также обязан знать требования эксплуатационной документации и требования настоящей методики поверки.

4.3 Для проведения поверки меры достаточно одного поверителя.

## 5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1 Контроль условий поверки	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от +15 до +25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С Средство измерений относительной влажности воздуха: диапазон измерений до 85 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 3$	Прибор комбинированный Testo 608-H1 (рег. № 53505-13)
9.1 Определение действительных значений параметров меры, отклонений радиусов лопаток меры от номинального значения и проверка доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса	Рабочий эталон 2-го разряда по ГПСЭ единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба, утвержденной Приказом Росстандарта № 472 от 06.04.2021	Машина трехкоординатная измерительная LK V 15.12.10 (рег. № 55026-13)
Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

### 6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки мер необходимо соблюдать требования раздела руководства по эксплуатации и других нормативных документов на средство измерений и средства поверки.

### 7. Внешний осмотр

Осмотр внешнего вида меры осуществляется визуально.

7.1 При внешнем осмотре проверить соответствие внешнего вида меры эксплуатационной документации, комплектности, маркировки.

7.2 Проверить отсутствие механических повреждений меры, влияющих на ее работоспособность.

7.3 Мера считается прошедшей данный этап поверки, если установлено полное соответствие конструктивного исполнения, комплектности и маркировки ее эксплуатационной документации, а также отсутствие механических повреждений.

## 8. Подготовка к поверке и опробование

8.1 Перед проведением поверки и в процессе выполнения операций поверки проверяют и контролируют соответствие условий поверки требованиям, приведённым в п. 3 настоящей методики поверки.

8.2 Меры и средства поверки выдержать не менее 2 часов в помещении, где проходит поверка.

8.3 Средства поверки должны быть предварительно отъюстированы, настроены и подготовлены к работе в соответствии со своей эксплуатационной документацией.

8.4 Перед проведением поверки рабочая поверхность меры должна быть очищена струей чистого сухого воздуха

8.5 Мера считается прошедшей данный этап поверки, если установлено, что она удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

## 9. Определение метрологических характеристик средств измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1. **Определение действительных значений параметров меры, отклонений радиусов лопаток меры от номинального значения и проверка доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса.**

9.1.1 Действительные значения радиусов лопаток меры, отклонения действительных значений радиусов лопаток меры от номинальных значений и проверку доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса определить с помощью машины координатной измерительной LK V 15.12.10 (регистрационный № 55026-13)

9.1.2 Установить меру на КИМ вдоль оси X и выбрать следующие параметры щупа:  $D = 4$  мм;  $L = 30$  мм; стальной

9.1.3 Провести базирование меры в следующей последовательности (Рисунок 1):

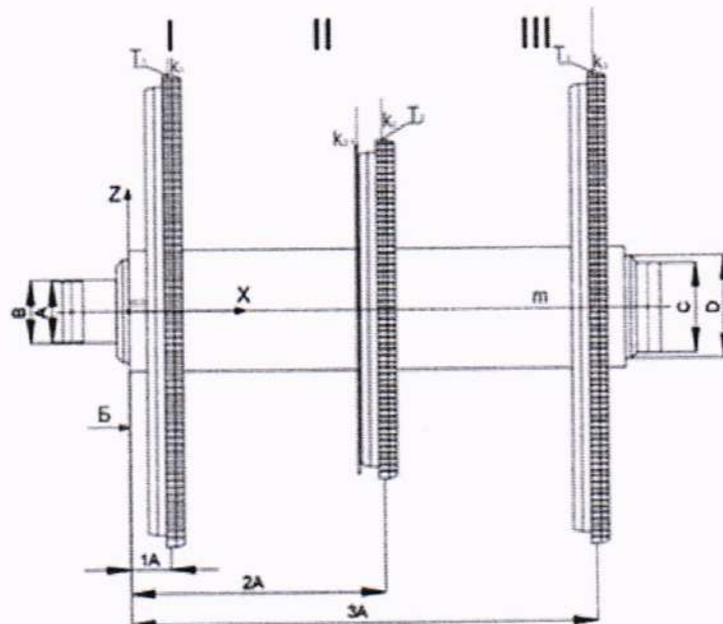


Рисунок 1 – Процедура базирования меры перед измерением

- провести измерение плоскости «Б» – по 8 точкам;
- провести измерение окружности «А» ( $\varnothing = 95,000$  мм) – по 22 точкам;
- провести измерение окружности «С» ( $\varnothing = 102,000$  мм) – по 25 точкам;
- построить линию «m», проходящую через центры окружностей «А» и «С»;

- провести измерение точек «Т1; Т2; Т3» посередине лопаток (точки симметрии) на расстоянии 3А; 2А; 1А от плоскости «Б», используя при измерении самую верхнюю лопатку по оси Z;
- построить линии плоскости на каждой измеряемой ступени (III – II – I) соответственно «k3; k2; k2.1; k1» перпендикулярно линии m через точки «Т3; Т2; Т1», обеспечив окончательное базирование:
  - линия «m» – по направлению оси X, ноль по осям Z и Y;
  - линия «k3» – по направлению оси Z при измерении III ступени;
  - линия «k2» – по направлению оси Z при измерении II ступени;
  - линия «k2.1» – по направлению оси Z при измерении радиуса цилиндра «Y» II ступени;
  - линия «k1» – по направлению оси Z при измерении I ступени;
  - плоскость «Б» – ноль по оси X.

#### 9.1.4 Провести измерение радиусов лопаток (Рисунки 2, 3).

##### 9.1.4.1 Измерение радиусов цилиндрических лопаток $R_B$ (ступени АIII-АII-АI) (Рисунок 2):

- построить линии ( $L_{3B}$ ;  $L_{2B}$ ;  $L_{1B}$ ) посередине лопаток на III-II-I ступенях по 5 точкам;
- сконструировать теоретические плоскости перпендикулярные оси X на расстояниях 3А-2А-1А от плоскости «Б» на каждой из ступеней соответственно;
- провести измерения радиусов  $R_B$  на пересечении построенных линий III-II-I ступеней соответственно и сконструированных плоскостей;
- вывести результаты измерений радиусов  $R_{Bn}$  (где  $n \geq 45$  лопаток для III ступени;  $n \geq 60$  лопаток для II ступени,  $n \geq 23$  лопаток для I ступени).

##### 9.1.4.2 Измерение радиусов по сечениям цилиндров $R_G$ (ступени FIII- FII- FI) (Рисунок 2):

- построить линии ( $L_{3G}$ ;  $L_{2G}$ ;  $L_{1G}$ ) посередине лопаток на III-II-I ступенях по 4 точкам;
- сконструировать теоретические плоскости, перпендикулярные оси X на расстояниях 3F- 2F-1F соответственно на ступенях III-II-I от плоскости «Б»;
- провести измерения радиусов  $R_G$  на пересечении построенных линий III-II-I ступеней соответственно и сконструированных плоскостей;
- вывести результаты измерений радиусов  $R_{Gn}$  (где  $n \geq 45$  лопаток для III ступени;  $n \geq 60$  лопаток для II ступени,  $n \geq 23$  лопаток для I ступени).

##### 9.1.4.3 Измерение радиуса по цилиндру 2Y (ступень II) (Рисунок 2):

- сконструировать теоретическую плоскость, перпендикулярную оси X на расстояниях 2X от плоскости «Б»;
- провести измерения радиуса  $R_Y$  по 27 точкам на секторе  $\pm 130^\circ$  от нулевой точки  $K_{2.1}$

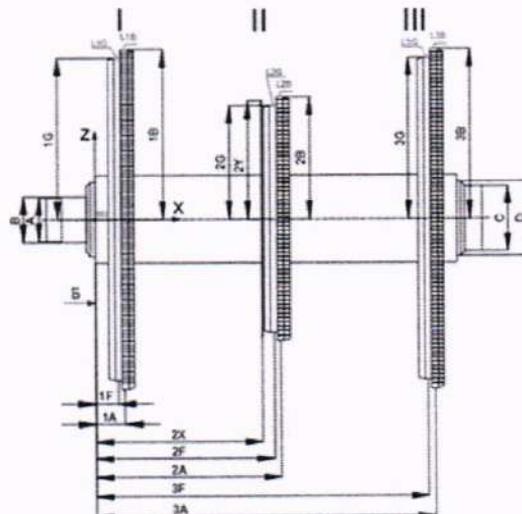


Рисунок 2 – Процедура измерений радиусов на цилиндрических поверхностях (B; G; Y)

**9.1.4.4 Измерение радиусов конических лопаток  $R_D$  ( $H_{III}$   $H_{II}$   $H_I$ ) (Рисунок 3):**

- построить линии ( $L_{3D}$ ;  $L_{2D}$ ;  $L_{1D}$ ) посередине лопаток на III–II–I ступенях по 5 точкам;
- сконструировать теоретические плоскости, перпендикулярные оси X на каждой из ступеней на расстояниях  $3H - 2H - 1H$  соответственно от плоскости «Б»;
- провести измерения радиусов  $R_D$  на пересечении построенных линий III–II–I ступеней и сконструированных плоскостей;
- вывести результаты измерений радиусов  $R_{Dn}$  (где  $n \geq 45$  лопаток для III ступени;  $n \geq 60$  лопаток для II ступени,  $n \geq 23$  лопаток для I ступени).

**9.1.4.5 Измерение радиусов по сечениям конусов  $R_J$  ( $C_{III}$ -  $C_{II}$  - $C_I$ ) (Рисунок 3):**

- построить линии ( $L_{3J}$ ;  $L_{2J}$ ;  $L_{1J}$ ) на III–II–I ступенях по 4 точкам;
- сконструировать теоретические плоскости перпендикулярные оси X на расстоянии  $3C - 2C - 1C$  соответственно для ступеней III–II–I от базовой плоскости «Б»;
- провести измерение радиусов  $R_J$  на пересечении построенных линий III–II–I ступеней соответственно и сконструированных плоскостей;
- вывести результаты измерений радиусов  $R_{Jn}$  (где  $n \geq 45$  лопаток для III ступени;  $n \geq 60$  лопаток для II ступени,  $n \geq 23$  лопаток для I ступени).

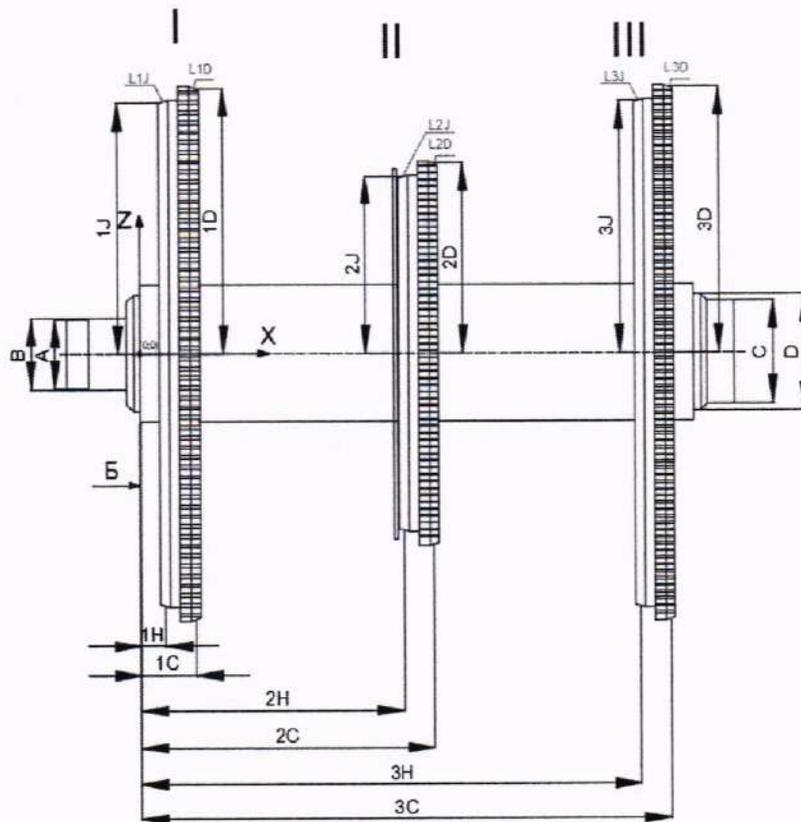


Рисунок 3 - Процедура измерений радиусов на конических поверхностях (D; J)

9.1.5 Определить действительные значения радиусов лопаток, за которые принять средние арифметические значения измеренных значений радиуса каждой лопатки, по формуле (1).

$$x_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

где  $x_i$  -  $i$ -й результат измерения радиуса лопатки, мм;  
 $n$  - число измерений.

9.1.6 Определить отклонения измеренных значений радиусов лопаток от номинальных как разность между измеренным и номинальным значением радиуса, указанным в таблице 4 по формуле (2):

$$\Delta X_i = X_{срi} - X_{номi} \quad (2)$$

где  $\Delta X_i$  - отклонение измеренного значения радиуса от номинального на  $i$ -той лопатке;  
 $X_{срi}$  – среднее значение радиуса  $i$ -той лопатки;  
 $X_{номi}$  – номинальное значение радиуса  $i$ -той лопатки.

9.1.7 Вычислить среднеквадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического значения радиуса  $i$ -той лопатки по формуле (3):

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ср})^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

9.1.8 Вычислить доверительные границы случайной погрешности результата измерений  $i$ -той лопатки по формуле (4):

$$\varepsilon = t \cdot S, \quad (4)$$

где  $t$  - коэффициент Стьюдента ( $t = 3,18$  для доверительной вероятности 0,95 и числа измерений, равного 3).

9.1.9 Вычислить СКО неисключенной систематической погрешности (НСП) измерений  $i$ -той лопатки по формуле (5):

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}, \quad (5)$$

где  $\Theta_{\Sigma}$  - сумма НСП применяемых средств измерений. За НСП принята абсолютная погрешность используемого средства испытаний.

9.1.10 Вычислить суммарное СКО измеренного радиуса  $i$ -той лопатки по формуле (6):

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{\bar{x}}^2}. \quad (6)$$

9.1.11 Вычислить коэффициент  $K$  по формуле (7):

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_{\bar{x}} + S_{\Theta}} \quad (7)$$

9.1.12 Вычислить доверительные границы абсолютной погрешности воспроизведения радиусов лопаток при доверительной вероятности 0,95 по формуле (8):

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (8)$$

9.1.13 Мера считается прошедшей поверку, если отклонения действительных значений радиусов вершин имитаторов лопаток меры от номинальных и доверительные границы абсолютной погрешности воспроизведения радиуса при доверительной вероятности 95% находятся в пределах, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Номинальные значения измеряемых радиусов, мм	Ступень	В	Д	Г	Ж	У
	3	444,9700	444,2500	424,9930	423,5490	-
	2	299,9930	298,5890	280,0120	278,2640	299,9880
	1	444,9570	442,2410	424,9790	423,293	-
Пределы допускаемого отклонения радиусов от номинальных значений, мм		±0,015				

Пределы доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса при доверительной вероятности 0,95 %, мм		±0,012
--	--	--------

9.2 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

Если полученное значение доверительных границ абсолютной погрешности воспроизведения радиуса (при доверительной вероятности 0,95) меры МАСТЕР-РОТОР удовлетворяет требованиям, указанным в таблице 1 настоящей методики, устанавливается соответствие обязательным метрологическим требованиям к рабочему эталону 3-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба (Часть 1. Средства измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 472 от 06.04.2021.

## 10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в произвольной форме и содержащим результаты по каждой операции, указанной в таблице 2.

10.2. При положительных или отрицательных результатах поверки сведения о результатах поверки средства измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 203  
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

  
\_\_\_\_\_ М.Л. Бабаджанова

Начальник лаборатории 203/4  
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

  
\_\_\_\_\_ Н.А. Зуйкова

Ведущий инженер лаборатории 203/2  
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»

  
\_\_\_\_\_ Н.А. Табачникова