

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

«18» марта 2025 г.


Государственная система обеспечения единства измерений

КОМПАРАТОРЫ МАССЫ КМ7


Методика поверки

МП 2301-0216-2025

Руководитель лаборатории госэталонов
в области измерения массы и силы

 И.Ю. Шмигельский

Заместитель руководителя лаборатории

 В.И. Богданова

г. Санкт-Петербург
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (МП) применяется для поверки компаратора массы КМ7 (далее – компаратор) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 При поверке компаратора обеспечивается прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы массы килограмма ГЭТ 3-2020 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утверждённой приказом Росстандарта от 04 июля 2022 г. № 1622 (далее – ГПС для СИ массы).

1.3 Поверка выполняется методом прямых измерений

1.4 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений.

Примечания:

1. При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

2. Если ссылочный документ заменён (изменён), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (изменённым) документом. Если ссылочный документ отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

| Наименование операции | Обязательность проведения операции при поверке | | Номер раздела (пункта) МП, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|---------------|--|
| | первичной | периодической | |
| 1) Внешний осмотр средства измерений (СИ) | да | да | 7 |
| 2) Подготовка к проверке и опробование средства измерений | да | да | 8 |
| 3) Проверка программного обеспечения средства измерений | да | да | 9 |
| 4) Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | да | да | 10 |

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

2.3 Если при проведении той или иной операции получают отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается, компаратор признают непригодным.

2.4 В случае получения последовательных положительных результатов по каждому пункту поверки продолжают.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 10 °С до плюс 30 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 % (без конденсации);
- изменение температуры окружающего воздуха должно быть не более 1,5 °С в час;

- изменение относительной влажности воздуха должно быть не более 4 % в 1 час;
- отсутствие воздушных потоков и вибраций;
- отсутствие воздействия прямых солнечных лучей, отопительных систем и окон, не защищенных теплоизоляцией;
- отсутствие воздействия агрессивных химических паров;
- отсутствие вибрации и тряски.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Специалисты, осуществляющие поверку, должны иметь высшее или среднее техническое образование, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы с эталонным оборудованием.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Перечень средств поверки представлен в таблице 2

Таблица 2 – Перечень средств поверки

| Операции поверки, требующие применения средств поверки (номер раздела (пункта) МП) | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|---|
| 3 | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений температуры от плюс 10 °С до плюс 30 °С с абсолютной погрешностью не более 2 °С | Термогигрометры автономные ИВА-6, рег. № 82393-21 |
| | Средства измерений относительной влажности воздуха до 80 % с абсолютной погрешностью не более 5 % | |
| 10 | Рабочие эталоны единицы массы не ниже 2-го разряда по ГПС для СИ массы: гири номинальных значений 500 г, 2 кг, 5 кг | Гири класса точности не ниже F ₁ , рег. № 94078-24 |
| | Вспомогательные СИ: гири класса точности М ₃ по ГОСТ OIML R111-1-2009 номинальных значений 200 г, 500 г, 1 кг, 2 кг, 2 кг, 5 кг | Гири класса точности М ₃ , рег. № 58020-14 |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные в качестве эталона, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью. | | |

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться правила безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91, а также правила безопасности, определяемые при эксплуатации поверяемых средств измерений и используемых средств поверки, приведённых в эксплуатационной документации и нормативных документах, а также правила технической эксплуатации и правила техники безопасности при работе на электроустановках, а также правила по охране труда, действующие на месте проведения поверки.

7 Внешний осмотр средств измерений

7.1 При внешнем осмотре компаратора должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- отсутствие видимых повреждений корпуса компаратора и других видимых дефектов, влияющих на работоспособность СИ, на безопасность проведения и результаты поверки;
- внешний вид компаратора должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- сохранность изображения на защитной наклейке изготовителя, используемой для пломбировки поверх винтов стяжки корпуса компаратора, в соответствии с описанием типа.
- наличие комплектации, необходимой для работы компаратора;
- наличие маркировки в соответствии с описанием типа.

7.2 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если СИ удовлетворяет вышеперечисленным требованиям. Отсутствие наклейки изготовителя или разрушенное изображение надписей на наклейке свидетельствует об имевших место несанкционированных действиях.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 При подготовке к проведению поверки должны быть выполнены следующие операции:

8.1.1 Выполняют контроль условий проведения поверки на соответствие п.3 настоящей методики при использовании средств поверки в соответствии с п. 5 методики.

8.1.2 При подготовке к проведению поверки компаратора следует выполнить требования пунктов 3.1, 3.2 и 3.3 руководства по эксплуатации (далее - РЭ) и следующие операции:

– для температурной стабилизации выдержать распакованный компаратор в лабораторном помещении перед началом поверки. Время выдержки зависит от разницы температуры в лабораторном помещении и температуры, при которой находился компаратор перед этим. Рекомендуется пользоваться значениями времени выдержки для температурной стабилизации гирь класса точности F_1 , приведёнными в таблице В.2 ГОСТ OIML R111-1-2009;

– установить компаратор на прочном столе, выставить по уровню;

– подключить компаратор к сети и прогреть не менее 1 часа, прежде чем начать поверку;

– перед определением метрологических характеристик произвести юстировку компаратора внешней гирей 2 кг или 5 кг класса точности не ниже F_1 ГОСТ OIML R111-1-2009;

– провести контроль условий проведения поверки.

8.2 При опробовании следует выполнить следующие операции:

8.2.1 Проверяют правильность прохождения теста при включении компаратора. Должны загореться все работающие сегменты индикатора, далее появится номер версии программного обеспечения (ПО): «2024», затем заводской номер компаратора, после завершения тестирования должны установиться нулевое показание.

8.2.2 Проверяют корректность юстировки. Для этого после завершения юстировки устанавливают на грузоприёмное устройство компаратора (чашку) гирю, которой производилась юстировка. Отклонение от номинального значения массы гири не должно превышать $\pm 1d$ (± 10 мг). При необходимости операцию юстировки повторяют.

9 Проверка программного обеспечения (ПО) средства измерений

Проверку выполняют путём подтверждения соответствия версии ПО.

Для подтверждения соответствия программного обеспечения на этапе поверки для однозначной идентификации ПО достаточно определения только номера версии (идентификационного номера) ПО.

Идентификация программного обеспечения осуществляется путем просмотра номера версии ПО во время прохождения теста после включения компаратора.

Номер версии ПО компаратора должен совпасть с номером версии, нанесённым на маркировочную табличку на корпусе компаратора и соответствовать приведённому в описании типа.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

При определении метрологических характеристик показания фиксируют. Рекомендуемая форма записи результатов измерений при поверке приведена в приложении А.

10.1 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) показаний компаратора

Внимание!

Функция автоматического слежения за нулём (далее - функция "автонуля") должна быть включена.

СКО определяют нагрузкой 7 кг путем 10-ти кратного нагружения компаратора. При этом гири устанавливают на грузоприёмное устройство (чашку) одинаковым образом: гири номинальной массой 2 и 5 кг (суммарно 7 кг) устанавливают одна на одну в центр грузоприёмного устройства.

Перед каждым нагружением показание компаратора должно быть нулевым, при необходимости нажимают клавишу "0/Г".

Показания фиксируют при нагрузке только после появления знака "Г" справа от числа.

СКО определяют в следующей последовательности:

- устанавливают нулевые показания;
- помещают нагрузку в центр чашки;
- после появления индикатора стабильности снимают 1-е показание весов L_1 ;
- снимают нагрузку с чашки;
- вновь помещают нагрузку в центр чашки весов;
- после появления индикатора стабильности снимают 2-е показания весов L_2 ;
- операции повторяют до получения 10 показаний весов с нагрузкой. При этом, если при отсутствии нагрузки на весах не установились нулевые показания, то их следует установить.

Вычисляют среднее арифметическое \bar{L} , г, из полученного ряда показаний по формуле

$$\bar{L} = \frac{\sum_{j=1}^{10} L_j}{10}, \quad (1)$$

где j – порядковый номер нагружения ($j = 1, 2, 3, \dots, 10$);

L_j – j -ое показание весов при нагружении, г.

Вычисляют СКО S , г, по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (L_j - \bar{L})^2}{9}}. \quad (2)$$

10.2 Определение систематической погрешности (нелинейности для массы нетто до 500 г включительно).

Внимание!

Функция автоматического слежения за нулём (далее - функция "автонуля") должна быть включена.

Перед началом испытания компаратор массы юстируют в соответствии с п.3.2.4 руководства по эксплуатации ВЕКБ. 404211.002 РЭ. Нагрузку размещают в центре грузоприёмного устройства, ориентируясь на разметку.

Для определения систематической погрешности (далее – нелинейности) используют эталонную гирию номинальной массой 500 г (далее по тексту – Э₅₀₀) и тарные (вспомогательные) гири для воспроизведения нагрузок тары в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Номинальные значения массы тары и их обозначения

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Номинальное значение массы тары | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 |
| Обозначение тарной нагрузки | T ₅₀₀ | T ₁₀₀₀ | T ₁₅₀₀ | T ₂₀₀₀ | T ₂₅₀₀ | T ₃₀₀₀ | T ₃₅₀₀ | T ₄₀₀₀ | T ₄₅₀₀ |

| | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Номинальное значение массы тары | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 6700 |
| Обозначение тарной нагрузки | T ₅₀₀₀ | T ₅₅₀₀ | T ₆₀₀₀ | T ₆₅₀₀ | T ₆₇₀₀ |

Испытание заключается в последовательном увеличении тарной нагрузки (с шагом 500 г) и определении нелинейности при нагрузке нетто 500 г. Первой измерение выполняют без тарной нагрузки.

Нелинейность определяют в следующей последовательности:

а) На грузоприёмное устройство устанавливают Э₅₀₀. После стабилизации показания (загорается "г" справа от числового значения) результат записывают в протокол I₁.

б) Снимают Э₅₀₀. После появления нулевых показаний Э₅₀₀ снова устанавливают на чашку. Фиксируют показание – I₂. Затем снимают Э₅₀₀ и после успокоения показаний (в случае необходимости следует обнулить клавишей) в третий раз нагружают компаратор Э₅₀₀. Записывают показание – I₃ и снимают Э₅₀₀. За результат \bar{I} , г, принимают среднее арифметическое из трёх показаний при нагрузке 500 г:

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (3)$$

в) На грузоприёмное устройство устанавливают T₅₀₀.

г) Обнуляют показание клавишей "0/T".

Проводят троекратное измерение массы Э₅₀₀ как описано выше в перечислениях а) и б). Снимают гири с чашки. Последующий расчет выполняю по формуле 3.

д) Выполняют измерения для остальных тарных нагрузок по таблице 3 как указано в перечислениях в) и г).

Максимальная нагрузка для компаратора массы равна 7200 г, последняя тарная нагрузка не может быть более 6700 г.

Нелинейность Δ_L, г, определяют как разность между средним арифметическим из трёх показаний при установлении Э₅₀₀ и номинальной массой Э₅₀₀ для каждого значения массы тары по формуле

$$\Delta_L = \bar{I} - 500 \quad (4)$$

10.3 Определение среднего квадратического отклонения результата измерений разности масс для 5-и циклов АВА (СКО_{АВА})

Внимание!

Функция "автонуля" должна быть отключена.

СКО_{АВА} определяют для 5-и взаимозависимых циклов по схеме АВА при использовании гири номинальной массой 5 кг.

Нагрузку всегда устанавливают строго в центр чашки.

СКО_{АВА} определяют в следующей последовательности:

- устанавливают в центр чашки нагрузку, обнуляют показание, затем снимают нагрузку;
- снова устанавливают нагрузку, после стабилизации показания (появление символа "g") записывают показание в графу A_i протокола (приложение А);
- продолжают снимать показания, нагружая и разгружая компаратор через равные промежутки времени, по схеме АВА (в качестве эталонной гири А и поверяемой гири В используется одна и та же нагрузка).

Вычисляют значение первых разностей

$$(B_1 - A_1); (B_1 - A_2); \dots (B_i - A_i); (B_i - A_{i+1}), \quad (5)$$

где $i = 1 \dots 5$ порядковый номер измерения А и В.

Вычисляют вторые разности x_i по формулам

$$x_1 = \frac{(B_1 - A_1) + (B_1 - A_2)}{2}, \quad x_i = \frac{(B_i - A_i) + (B_i - A_{i+1})}{2}, \quad \dots \quad x_5 = \frac{(B_5 - A_5) + (B_5 - A_6)}{2}, \quad (6)$$

Вычисляют среднее арифметическое значение из 5 разностей x_n по формуле

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5}, \quad (7)$$

где n – количество взаимозависимых циклов АВА, $n = 5$;

Вычисляют СКО_{АВА} $S_{АВА}$, г, по формуле

$$S_{АВА} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{x}_i)^2}{4}}, \quad (8)$$

10.4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.4.1 Компаратор признают соответствующим метрологическим требованиям, если каждое из полученных значений СКО и СКО_{АВА} не превышает установленного значения 0,01 г; систематическая погрешность (нелинейность) в интервале 500 г при любой тарной нагрузке не превышают по абсолютному значению 0,01 г, а также при условии положительных результатов выполнения всех операций поверки.

10.4.2 Компараторы могут применяться в качестве рабочих эталонов единицы массы 1-го, 2-го, 3-го, 4-го или 5-го разрядов совместно с гирями (в зависимости от поверяемой гири, см. раздел «Метрологические и технические характеристики» Описания типа) для передачи единицы массы в соответствии с ГПС для СИ массы при выполнении требований к СКО_{АВА}, приведённых в п.10.4.1 настоящей методики, и установленных в ГПС для СИ массы для рабочего эталона единицы массы соответствующего разряда.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты измерений записываются в соответствии с требованиями системы качества, аккредитованного на проведение поверки средств измерений юридического лица или индивидуального предпринимателя, выполняющего поверку. Рекомендуемая форма записей результатов измерений приведена в приложении А.

11.2 Компаратор, удовлетворяющий требованиям настоящей методики, признают годным к применению.

11.2 В случае отрицательных результатов компаратор к применению не допускают и выдается извещение о непригодности. Выданное ранее свидетельство аннулируют.

11.3 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нём документов и сведений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, в зависимости от результата поверки выдаётся свидетельство о поверке средства измерений или извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.3.1 Положительные результаты первичной поверки также оформляют записью в РЭ «ВЕКБ.404211.002 РЭ «Компаратор массы КМ7. Руководство по эксплуатации» с указанием организации, выполнившей поверку, даты поверки; ФИО поверителя. Запись удостоверяется подписью поверителя и нанесением знака поверки.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАРАТОРОВ МАССЫ

Наименование, адрес лаборатории, корпус, помещение

Протокол № _____ от « » _____ 20 ____ г

| | |
|--|--------------------------------|
| Наименование средства измерения, тип, модификация | Компаратор массы КМ7, _____ |
| Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде | |
| Заводской (серийный) номер | |
| Год выпуска (при необходимости) | |
| Заказчик (наименование и юридический адрес) (при необходимости) | |
| Вид поверки (первичная/периодическая) | |

Методика поверки

МП 2301-0216-2025 «ГСИ. Компараторы массы КМ7. Методика поверки»

Средства поверки:

| Наименование и регистрационные номера эталона, СИ в Федеральном информационном фонде | Метрологические характеристики | |
|--|--------------------------------|----------|
| | Наименование | Значение |
| | | |
| | | |
| | | |
| Вспомогательные СИ | | |
| | | |

Условия поверки:

| Параметр | Требования НД | Измеренные значения | |
|---|---------------|---------------------|--|
| Температура окружающего воздуха, °С | от 10 до 30 | начальное | |
| | | конечное | |
| Изменение температуры окружающего воздуха в час, °С, не более | 1,5 | | |
| Относительная влажность воздуха, %, не более | 80 | начальное | |
| | | конечное | |
| Изменение относительной влажности воздуха за 1 час, %, не более | 4 | | |

Результаты поверки:

1 Внешний осмотр средства измерений (соответствует/ не соответствует):

Пломбировка компаратора (соответствует/ не соответствует) ОТ:

2 Подготовка к проверке и опробование средства измерений (соответствует/ не соответствует):

Условия поверки (соответствует/ не соответствует) п.3

МП: _____

Прохождение теста после включения компаратора (соответствует/ не соответствует)

п.8.2.1 МП: _____

Юстировка (соответствует/ не соответствует) п. 8.2.2 МП: _____

3 Проверка программного обеспечения средства измерений

Номер версии ПО _____ (соответствует/ не соответствует):

4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

4.1 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) показаний

| № п/п | Показание при нагрузке 7 кг $L_j (j=1,2,...10), \text{ г}$ | $L_j - \bar{L}, \text{ г}$ |
|--|--|--|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| $\bar{L} = \frac{\sum_{j=1}^{10} L_j}{10}$ | | $S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (L_j - \bar{L})^2}{9}}$ |

☐

Соответствует

☐

Не соответствует

4.2 Определение систематической погрешности (нелинейности для массы нетто до 500 г включительно)

| № п/п | Пределы допускаемой систематической погрешности: ±10 мг (нелинейность для массы нетто до 500 г включительно) | | | | | | | | | |
|----------|---|---|-------------------|----------------|------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------------------|
| | Масса тары, г | Суммарная масса нагрузки (m_{Σ}) на грузоприёмном устройстве, г | | | Показание, мг | | | | Нелинейность Ь, мг | Соответ- ствие |
| | | m_T | $m_{\Sigma}=$ | m_T (г) + | $m_{\Sigma m}$ | I_1 | I_2 | I_3 | | |
| 1 | 0 | 500 | 0 | Ξ_{500} | | | | | | |
| 2 | 500 | 1000 | T ₅₀₀ | Ξ_{500} | | | | | | |
| 3 | 1000 | 1500 | T ₁₀₀₀ | Ξ_{500} | | | | | | |
| 4 | 1500 | 2000 | T ₁₅₀₀ | Ξ_{500} | | | | | | |
| 5 | 2000 | 2500 | T ₂₀₀₀ | Ξ_{500} | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------------|----------------|--|--|--|--|--|--|
| 6 | 2500 | 3000 | T_{2500} | Δ_{500} | | | | | | |
| 7 | 3000 | 3500 | T_{3000} | Δ_{500} | | | | | | |
| 8 | 3500 | 4000 | T_{3500} | Δ_{500} | | | | | | |
| 9 | 4000 | 4500 | T_{4000} | Δ_{500} | | | | | | |
| 10 | 4500 | 5000 | T_{4500} | Δ_{500} | | | | | | |
| 11 | 5000 | 5500 | T_{5000} | Δ_{500} | | | | | | |
| 12 | 5500 | 6000 | T_{5500} | Δ_{500} | | | | | | |
| 13 | 6000 | 6500 | T_{6000} | Δ_{500} | | | | | | |
| 14 | 6500 | 7000 | T_{6500} | Δ_{500} | | | | | | |
| 15 | 6700 | 7200 | T_{6700} | Δ_{500} | | | | | | |

☐

Соответствует

☐

Не соответствует

4.3 Определение среднего квадратического отклонения результата измерений разности масс для 5-и циклов АВА (СКО_{АВА})

| № цикла | Показания компаратора | | Первая разность, Γ $(B_i - A_i); (B_i - A_{i+1})$ | Вторая разность x_{Γ}, Γ $x_i = ((B_i - A_i) + (B_i - A_{i+1}))/2$ |
|--|-----------------------|--|---|---|
| | при нагрузке: __ кг | | | |
| 1 | A | | | |
| | B | | | |
| | A | | | |
| 2 | B | | | |
| | A | | | |
| | A | | | |
| 3 | B | | | |
| | A | | | |
| | A | | | |
| 4 | B | | | |
| | A | | | |
| | A | | | |
| 5 | B | | | |
| | A | | | |
| | A | | | |
| Среднее арифметическое: $X =$ | | | | |
| Среднеквадратическое отклонение: $S =$ | | | | |

☐

Соответствует

☐

Не соответствует

5 Заключение: на основании результатов поверки СИ соответствует/не соответствует предъявляемым требованиям и признано пригодным / не пригодным к применению.

Поверитель: _____
(подпись)

«___» _____ 20 ____ г.
(фамилия)