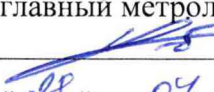


Федеральное автономное учреждение  
«Центральный аэрогидродинамический институт  
имени профессора Н.Е. Жуковского»  
ФАУ «ЦАГИ»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отделения измерительной  
техники и метрологии,  
главный метролог ФАУ «ЦАГИ»

  
В.В. Петроневич  
«28» 07 2022 г.




Государственная система обеспечения единства измерений

Набор калибровочный мер массы и длины в области измерений координат центра масс  
НКМ-500


МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.026-2022

Заместитель начальника НИО-7

  
А.И. Самойленко

И.о. начальника отдела № 2 НИО-7

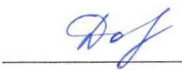
  
С.В. Дыцков

Инженер 1 категории сектора № 3 НИО-7

  
В.Ю. Шевченко

Разработчик:

Начальник сектора № 4 НИО-7,  
метролог-эксперт

  
О.В. Довыденко

г. Жуковский  
2022 г.

## 1 Область применения

Настоящий документ распространяется на набор калибровочный мер массы и длины в области измерений координат центра масс НКМ-50 (заводской номер 10) (далее – набор) и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 58516-2019	Кисти и щетки малярные. Технические условия
ГОСТ 1012-2013	Бензины авиационные. Технические условия
ГОСТ OIML R 111-1-2009	Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> , F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>1-2</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>2-3</sub> и M <sub>3</sub> . Часть 1. Метрологические и технические требования
ГОСТ 427-75	Линейки измерительные металлические. Технические условия
ГОСТ 1050-2013	Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия
ГОСТ 2789-73	Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики
ГОСТ 25346-2013	Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки
ГОСТ 16093-2004	Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором

## 3 Термины и определения

В настоящей методике поверки используются термины с соответствующими определениями, приведенные в Федеральном законе [1].

## 4 Общие положения

4.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки набора, используемого в качестве рабочего эталона в соответствии с локальной поверочной схемой для средств измерений массы, координат центра масс и момента инерции, утвержденной ФГУП «ЦАГИ», и передаче ему единицы массы - килограмма (кг) и единицы длины в области измерений координат центра масс – метра (м). Структурная схема локальной поверочной схемы приведена в приложении А.

4.2 Прослеживаемость набора в соответствии с локальной поверочной схемой для средств измерений массы, координат центра масс и момента инерции, утвержденной ФГУП «ЦАГИ», обеспечивается к государственному первичному эталону единицы массы ГЭТ 3-2020 методом сличения с помощью компаратора и к государственному первичному эталону единицы длины ГЭТ 2-2021 – методом косвенных измерений. Пределы допускаемой погрешности метода косвенных измерений, обусловленной показателями точности используемых средств поверки, не превышают 1/3 пределов допускаемого отклонения от индивидуальных значений величин, воспроизводимых набором.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики набора

Воспроизводимая величина		Диапазон воспроизведения или номинальное значение	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Допускаемое отклонение от индивидуальных значений
Масса		от 10 до 547 кг	$\pm 5 \cdot m \cdot 10^{-2}$ г	$\pm 2,5 \cdot m \cdot 10^{-2}$ г
Координата центра масс	вертикальная X	от 10 до 1767 мм	$\pm 0,50$ мм	$\pm 0,15$ мм
	горизонтальная Y, Z эталонных мер и стандартных комплектов	0 мм	$\pm 0,30$ мм	$\pm 0,05$ мм
	горизонтальная Y, Z конфигураций	от 0 до L мм	$\pm 0,33$ мм	$\pm 0,05$ мм

Примечания:

1 m – воспроизводимая масса, кг;

2 L – максимальное расстояние от начала координат измерительной платформы стенда до центра бокового модуля вдоль горизонтальной оси, мм (зависит от конструкции и размеров измерительной платформы контролируемого стенда);

3 Индивидуальные значения (указаны в паспортах на эталонные меры; для стандартных комплектов – в паспорте на набор) и отклонения от них для координат центра масс нормируются при температуре 20 °С. При эксплуатации набора в рабочих условиях за пределами нормальных в индивидуальные значения должна быть введена температурная поправка в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

4 Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности включают допускаемое отклонение от индивидуальных значений

## 5 Перечень операций поверки

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

Таблица 2 – Операции при поверке

Наименование операции	Проведение операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	10

Наименование операции	Проведение операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	11
Определение метрологических характеристик	Да	Да	12
Измерения массы эталонных мер и крепежных элементов из состава эталонных мер	Да	Да	12.1
Измерения геометрических размеров эталонных мер	Да	Да	12.2
Измерения отклонений формы и расположения поверхностей эталонных мер	Да	Нет	12.3
Измерения геометрических размеров крепежных элементов	Да	Нет	12.4
Определение вертикальной координаты центра масс статической балансировкой	Да	Нет	12.5
Определение массы и координат центра масс, воспроизводимых эталонными мерами набора	Да	Да	12.6
Определение массы и координат центра масс, воспроизводимых стандартными комплектами набора	Да	Да	12.7
Определение массы и координат центра масс, воспроизводимых характерными конфигурациями набора	Да	Да	12.8
Определение отклонений массы и координат центра масс от индивидуальных значений	Да	Да	12.9
Определение систематической погрешности, обусловленной отклонениями формы и расположения поверхностей эталонных мер	Да	Нет	12.10

Наименование операции	Проведение операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение систематической погрешности, обусловленной неоднородностью материала	Да	Нет	12.11
Определение основной погрешности эталонных мер, стандартных комплектов и характерных конфигураций набора	Да	Нет	12.12
Подтверждение соответствия набора метрологическим и обязательным требованиям	Да	Да	13

5.2 При получении отрицательного результата любой из операций по таблице 1 поверку набора рекомендуется прекратить; последующие операции поверки проводят, если отрицательный результат предыдущей операции не влияет на достоверность поверки последующего параметра.

## 6 Требования к условиям проведения поверки

6.1 При выполнении измерений массы в процессе поверки соблюдают следующие условия:

Температура воздуха, °С .....  $20 \pm 2$   
Максимальное изменение температуры за 12 часов, °С .....  $\pm 1$   
Относительная влажность воздуха, % .....  $70 \pm 10$   
Напряжение сети переменного тока, В ..... от 187 до 242  
Частота сети, Гц .....  $50 \pm 1$

6.2 При выполнении геометрических измерений соблюдают следующие условия:

Температура воздуха, °С .....  $20 \pm 5$   
Максимальное изменение температуры в процессе измерений, °С, не более .....  $\pm 1$   
Допускаемая погрешность измерений температуры, °С .....  $\pm 0,2$   
Относительная влажность воздуха, % ..... от 10 до 90  
Атмосферное давление, кПа ..... от 84 до 106,7  
Напряжение сети переменного тока, В .....  $220 \pm 15$   
Частота сети, Гц ..... от 50 до 60

6.3 Помещение, где проводятся измерения массы (весовая комната), должно быть оборудовано виброзащитными фундаментами для установки компаратора массы или устойчивыми прочными столами, не подверженными вибрациям.

6.4 В весовой комнате должно быть исключено одностороннее нагревание мер набора, гирь и компараторов массы. Воздух в помещении не должен содержать вредных примесей и газов, вызывающих коррозию мер набора, гирь и деталей компараторов.

## 7 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

7.1 В качестве персонала, выполняющего непосредственные измерения при поверке, допускаются лица с высшим образованием или среднетехническим и дополнительным образованием по профилю, соответствующему выполняемым измерениям.

7.2 В качестве персонала, выполняющего обработку результатов измерений и вычисление параметров при поверке, допускаются лица с высшим образованием и дополнительным образованием по профилю, соответствующему выполняемым измерениям.

7.3 Персонал, выполняющий поверку, должен иметь опыт поверки или калибровки аналогичных наборов, а также опыт практической работы с эталонами и средствами измерений, указанными в таблице 3, не менее трех лет.

## 8 Метрологические и технические требования к средствам поверки

8.1 При выполнении поверки по данной методике применяют средства поверки, приведенные в таблице 3 и соответствующие требованиям локальной поверочной схемы для средств измерений массы, координат центра масс и момента инерции [2]. Допускается применять средства поверки с метрологическими и техническими характеристиками, отличные от рекомендуемых, в том случае, если они обеспечивают требуемую точность передачи единиц величин поверяемому набору.

8.2 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин [3] и аттестованы. Средства измерений должны быть утвержденного типа и поверены.

Таблица 3 – Средства поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые для применения средства поверки	Номер пункта методики поверки
1 Гири, соответствующие классу точности $F_2$ по ГОСТ OIML R 111-1-2009 Масса от $10^{-3}$ до 20 кг Общая максимальная масса 100 кг	Гири 2-го класса Регистрационный номер 2469-74 - номинальные значения массы от 1 до 500 г; - допускаемые отклонения массы от $\pm 0,1$ до $\pm 2,5$ мг	12.1 – 12.2
	Гири общего назначения 3-ого класса типа КГ-3 Регистрационный номер 16034-97 - номинальные значения массы от 1 до 10 кг; - допускаемые отклонения массы от $\pm 15$ до $\pm 150$ мг	
	Гири 20 кг Регистрационный номер 52768-13 - номинальное значение массы 20 кг; - допускаемые отклонения массы $\pm 100$ мг	
2 Компараторы массы Диапазон сличаемых масс от 10 г до 100 кг СКО $\leq 1/9$ пределов допускаемых отклонений для гирь массой от $10^{-3}$ до 20 кг класса точности $M_1$	Компаратор массы МС-1000 Регистрационный номер 50151-12 - диапазон измерений до 1,1 кг; - СКО показаний весов 0,0005 г (до 1 кг); - СКО показаний весов 0,0004 г (до 500 г)	12.1 – 12.2
	Компаратор массы МС-10К Регистрационный номер 50151-12 - диапазон измерений до 10,1 кг;	

Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые для применения средства поверки	Номер пункта методики поверки
по ГОСТ OIML R 111-1-2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>- СКО показаний весов 0,005 г (до 10 кг);</li> <li>- СКО показаний весов 0,004 г (до 5 кг)</li> <li>- СКО показаний весов 0,015 г (до 2 кг)</li> </ul> <p>Весы электронные ХР-К, модель ХР155KS (в режиме компаратора массы) Регистрационный номер 38187-14</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- диапазон измерений от 0,05 до 150,00 кг;</li> <li>- СКО показаний весов 0,08 г (до 100 кг)</li> <li>- СКО показаний весов 0,15 г (св. 100 кг)</li> </ul>	
<p>3 Приборы для измерений наружных и внутренних размеров</p> <p>Диапазон измерений: от 0 до 1000 мм</p> <p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений: ±30 мкм, не более</p>	<p>Машина координатная измерительная портативная CimCore5100 INFINITE 2.0 Plus</p> <p>Регистрационный номер 42764-09</p> <p>Диапазон измерений от 0 до 2400 мм</p> <p>Пределы допускаемой погрешности измерений ± 0,029 мм</p>	12.3 – 12.5
<p>4 Штангенциркули ШЦ-1</p> <p>Диапазоны измерений: 0 – 300 мм</p> <p>Класс точности 2</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-1</p> <p>Регистрационный номер 260-05</p> <p>Диапазон измерений от 0 до 300 мм</p> <p>Пределы допускаемой погрешности измерений</p> <p>Класс точности 2</p>	12.5
<p>5 Гири массой от 1 мг до 1 кг, соответствующие классу точности F<sub>2</sub> по ГОСТ OIML R 111-1-2009</p> <p>общая максимальная масса 3,5 кг</p>	<p>Гири 2-го класса Г-2-1110</p> <p>Регистрационный номер 2469-74</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- номинальные значения массы от 1 до 500 г;</li> <li>- допускаемые отклонения массы от ± 0,2 до ± 5 мг</li> </ul> <p>Гири класса точности E<sub>2</sub></p> <p>Регистрационный номер 52768-13</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- номинальные значения массы от 1 мг до 1 кг;</li> <li>- допускаемые отклонения массы от ± 0,006 до ± 1,6 мг</li> </ul>	12.6
<p>6 Установка с призматическими опорами</p> <p>Диапазон регулировки расстояния между опорами от 50 до 250 мм</p> <p>Высота от пола до опор 800 мм, не менее</p> <p>Масса проверяемых изделий от 9 до 100 кг</p>	<p>Установка с призматическими опорами УПО-1</p> <p>Диапазон регулировки расстояния между опорами от 50 до 500 мм</p> <p>Высота от пола до опор 800 мм, не менее</p> <p>Масса проверяемых изделий от 9 до 600 кг</p>	12.6
<p>Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75 с длиной шкалы от 500 до 1000 мм</p>	<p>Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75 с длиной шкалы от 500 до 1000 мм</p>	12.6

Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые для применения средства поверки	Номер пункта методики поверки
Прибор для проверки шероховатости	Прибор для измерений параметров шероховатости Surftest SJ-210 Регистрационный номер 54174-13	10
7 Бензин ГОСТ 1012-2013, спирт или дистиллированная вода	-	11
8 Кисть или щетка ГОСТ Р 58516-2019	-	
9 Салфетка полотняная или ветошь	-	

## 9 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

9.1 При проведении поверки в помещении, где располагаются средства измерений, эталоны и другие технические средства, персоналу, надлежит соблюдать требования безопасности, указанные в следующих документах:

- эксплуатационные документы набора и используемых средств поверки;
- инструкции по охране труда при эксплуатации персональных компьютеров и другого оборудования вычислительной техники;
- инструкции по охране труда для слесарей-сборщиков изделий;
- инструкции для стропальщиков по безопасному производству работ грузоподъемными машинами.

9.2 Персонал должен быть аттестован на право работы с напряжением до 1000 В и иметь действующие квалификационные группы по электробезопасности:

- II для операторов ПЭВМ;
- III для сотрудников, обслуживающих СИ.

## 10 Внешний осмотр и проверка шероховатости эталонных мер набора

10.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие следующим требованиям:

- внешний вид набора должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- комплектность и состав набора должны соответствовать его эксплуатационным документам (паспорт набора, руководство по эксплуатации набора, паспорта эталонных мер с крепежными элементами к ним);
- форма и маркировка эталонных мер и крепежных элементов должны соответствовать эксплуатационным документам;
- соответствие указанного в эксплуатационных документах температурного коэффициента линейного расширения значению, приведенному в описании типа.

10.2 Проверку шероховатости эталонных мер набора осуществить в следующем порядке:

10.2.1 Оценить вмятины или впадины, царапины на поверхности эталонных мер.

10.2.2 Проверить качество поверхности эталонных мер: она должна быть гладкой и непористой.

10.2.3 Измерить шероховатость поверхностей прибором для измерений параметров шероховатости (только при первичной поверке).

10.2.4 Визуально оценить число царапин на поверхности каждой эталонной меры и их глубину.



10.3 Результаты поверки считают положительными, если комплектность, состав набора, форма и маркировка эталонных мер и крепежных элементов соответствуют их эксплуатационным документам, глубокие царапины отсутствуют, поверхность эталонных мер гладкая и непористая, шероховатость поверхности не хуже Ra 1,6 по ГОСТ 2789-73. Поверку прекращают при наличии грубых повреждений поверхности, визуально заметных сколов, большого числа царапин (более 10 % поверхности) или шероховатости поверхности более Ra 1,6.

## **11 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

11.1 При подготовке к поверке проводят следующие работы:

11.1.1 Поверхности эталонных мер и крепежных элементов очищают от пыли и грязи кистью или щеткой, не допуская повреждения поверхности, и при необходимости протирают полотняной салфеткой или ветошью, смоченной в бензине, чистом спирте, дистиллированной воде или других растворителях. После чистки эталонные меры и крепежные элементы должны быть просушены в течение 1 ч.

11.1.2 Эталонные меры и крепежные элементы выдерживают в помещении, где будут производиться измерения, не менее 24 часов.

11.1.3 Перед началом измерений массы эталонные меры, крепежные элементы и эталонные гири выдерживают рядом с компаратором массы не менее 2 часов.

11.2 При опробовании проверяют собираемость эталонных мер в стандартные комплекты, предусмотренные эксплуатационными документами набора.

11.3 Контролируют условия поверки, указанные в разделе 6 измерителями температуры и влажности, соответствующими требованиям указанного раздела.

## **12 Определение метрологических характеристик средства измерений**

### **12.1 Измерения массы эталонных мер и крепежных элементов из состава эталонных мер**

12.1.1 Измерение действительного значения массы эталонных мер и крепежных элементов проводят методом сличения с помощью гирь, соответствующих классу точности  $F_2$  и компаратора массы. При измерениях необходимо обеспечивать максимально возможное центрирование сличаемых эталонных мер и гирь.

12.1.2 Измерениям при первичной и периодической поверке подлежит масса каждой эталонной меры в соответствии с приложением С ГОСТ OIML R 111-1-2009. При этом должны быть выбраны методы измерений АВВА или АВА и число циклов измерений  $n \geq 1$ .

12.1.3 Результаты измерений оформляют протоколом измерений. Значения массы эталонных мер набора в протоколе должны быть зарегистрированы в килограммах или граммах с точностью, соответствующей дискретности компаратора массы.

### **12.2 Измерения геометрических размеров эталонных мер**

12.2.1 Измерения геометрических размеров эталонных мер проводят методом прямых измерений с помощью координатной измерительной машины.

12.2.2 Измерению подлежат все геометрические размеры, обозначенные на эскизах эталонных мер, приведенных в паспортах на эталонные меры. Для эталонных мер ЭМЦ С-100-400 дополнительно измерить координаты  $y$  и  $z$  расположения всех элементов: наружных цилиндрических поверхностей № 1, 2, 3, внутренней цилиндрической поверхности №4, отверстий № 5-8, 9-12 и 13-16, 17-20. Начало координат – центр отверстий № 5-8 на нижнем фланце. Оси – как показано на эскизе в паспорте.

12.2.3 Температура окружающей среды должна контролироваться каждый час, измеренные значения должны быть зарегистрированы в протоколе геометрических измерений.

12.2.4 Количество сечений для измерений диаметров: продольных – не менее 4, поперечных – не менее 3. Количество сечений для измерений высот: – не менее 10. Сечения должны быть равномерно расположены по измеряемой поверхности.

12.2.5 Результаты измерений геометрических размеров эталонных мер должны быть зарегистрированы в миллиметрах с точностью до трех знаков после запятой в протоколах измерений.

### **12.3 Измерения отклонений формы и расположения поверхностей эталонных мер**

12.3.1 Измерения отклонений формы и расположения поверхностей эталонных мер проводят с помощью координатной измерительной машины.

12.3.2 Измерению подлежат:

1) Отклонение от плоскостности EFE плоских верхней и нижней поверхностей эталонных мер по всему сечению.

2) Отклонение профиля продольного сечения EFP наружных и внутренних боковых цилиндрических поверхностей эталонных мер типа «Сегмент» на всей длине с установлением формы (конусообразность, бочкообразность, седлообразность), кроме поверхностей под посадку крепежных элементов.

3) Отклонение от прямолинейности EFL вертикальной оси эталонных мер типа «Гиря» и «Сегмент» на всей длине (для сегмента – центральной цилиндрической части).

4) Отклонение от параллельности EFA плоских верхней и нижней поверхностей эталонных мер типа «Гиря» и «Сегмент» между собой в пределах всего сечения.

5) Отклонение от соосности EPC осей цилиндрических поверхностей всех эталонных мер и оси центров крепежных отверстий эталонной меры типа «Диск» и «Сегмент». База – ось (ось центров) нижних крепежных отверстий.

6) Отклонения от перпендикулярности EPR оси средней цилиндрической поверхности эталонной меры типа «Сегмент» по отношению к ее нижней плоской поверхности на всей длине цилиндрической поверхности.

12.3.3 Количество измерительных точек для определения отклонения от плоскостности – не менее 90, для определения остальных параметров – не менее 30.

12.3.4 Результаты измерений отклонений формы и расположения эталонных мер должны быть зарегистрированы в миллиметрах с точностью до четырех знаков после запятой в протоколах измерений.

12.3.5 Измерения не проводят при периодической поверке.

### **12.4 Измерения геометрических размеров крепежных элементов**

12.4.1 Измерения геометрических размеров крепежных элементов типа «Болт» и «Гайка», а также всех резьбовых элементов проводят с помощью штангенциркуля.

12.4.2 Измерению подлежат все размеры крепежных элементов и все резьбовые элементы эталонных мер, обозначенные на эскизах, приведенных в паспортах на эталонные меры. Для резьбовых элементов измеряют внутренние диаметры внутренней резьбы и наружные диаметры наружной резьбы, по которым в соответствии с ГОСТ 16093-2004 определяют номинальное значение среднего диаметра метрической резьбы.

12.4.3 Результаты измерений геометрических размеров крепежных элементов должны быть зарегистрированы в миллиметрах с точностью до двух знаков после запятой в протоколах измерений.

12.4.4 Измерения не проводят при периодической поверке.

## 12.5 Определение вертикальной координаты центра масс статической балансировкой

12.5.1 Вертикальную координату центра масс статической балансировкой определяют только для эталонных мер типа «Сегмент» (ЭМЦ С-100-400, ЭМЦ СБ-10-150, ЭМЦ СБ-20-200) с целью исключения влияния неоднородности материала на действительные значения метрологических характеристик, определяемых при испытаниях.

12.5.2 Вертикальную координату центра масс экспериментальным методом определяют с помощью установки с призматическими опорами УПО-1 и гирь массой от 1 мг до 1 кг.

12.5.3 Температура окружающей среды должна контролироваться каждый час, измеренные значения должны быть зарегистрированы в протоколе геометрических измерений.

12.5.4 Призматические опоры устанавливают на ровную горизонтальную поверхность.

12.5.5 Эталонную меру типа «Сегмент» балансировочными штифтами устанавливают на призматические опоры (рисунок 1). В случае, если конструкция находится в равновесии (отсутствует опрокидывание), в протоколе испытаний регистрируют  $m_{гр} = 0$ , что означает отсутствие опрокидывающего момента, который появляется при смещении положения центра масс относительно плоскости симметрии балансировочных штифтов (смещении относительно конструкторского положения центра масс  $L_{б.к.ан}$ ).

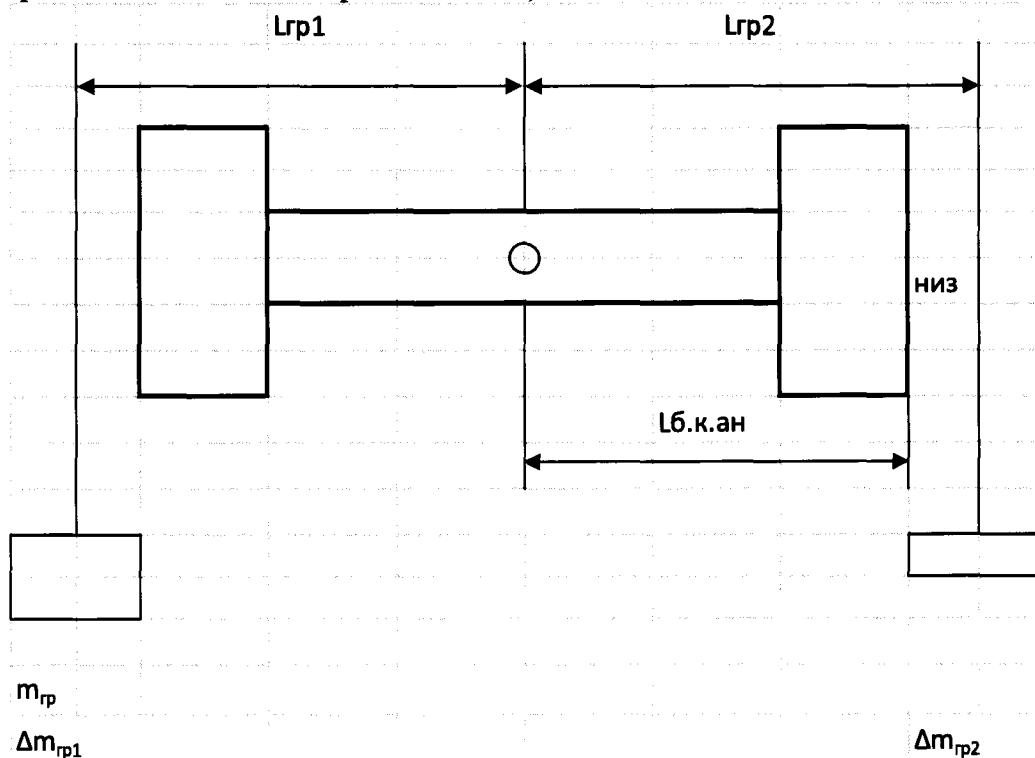


Рисунок 1

12.5.6 В случае, если конструкция не уравновешена (присутствует дисбаланс, вызывающий опрокидывание), для компенсации дисбаланса на один из краев эталонной меры на расстоянии  $L_{гр}$  от штифтов помещают уравновешивающий груз (гири массой от 10 мг до 1 кг), массу  $m_{гр}$  которого определяют подбором. Критерии достаточности массы груза – равновесие конструкции (отсутствие опрокидывания), обусловленное уравновешиванием моментов от действия силы тяжести уравновешивающего груза и эталонной меры. Измеряют расстояние  $L_{гр}$  от центра штифтов до размещения центра тяжести уравновешивающего груза линейкой измерительной металлической. В протоколе испытаний регистрируют подобранную массу уравновешивающего груза и расстояние  $L_{гр}$ , на котором она была размещена.

12.5.7 Для определения погрешности, обусловленной трением в опорах установки УПО-1, к уравновешивающему грузу на расстоянии  $L_{гр1}$  от плоскости симметрии балансировочных

штифтов добавляют корректирующие грузы существенно меньшей массы (начиная от 0,1ш<sub>гр</sub>). Значение корректирующей массы Δm<sub>гр1</sub> также определяют методом подбора. Критерием достаточности является выход системы из положения равновесия. Затем повторяют процедуру, размещая корректирующие грузы массой Δm<sub>гр2</sub> на противоположной (относительно центра масс) от места расположения уравновешивающих грузов стороне эталонной меры на расстоянии L<sub>гр2</sub>. Расстояния L<sub>гр1</sub> и L<sub>гр2</sub> измеряют линейкой измерительной металлической. В протоколе испытаний регистрируют подобранные массы корректирующего груза для каждой стороны Δm<sub>гр1</sub> и Δm<sub>гр2</sub> и расстояния L<sub>гр1</sub> и L<sub>гр2</sub>.

12.5.8 Рассчитывают определенную балансировкой координату центра масс эталонных мер типа «Сегмент» при температуре 20 °С x<sub>ст.б.20</sub>, мм, по формуле:

$$x_{ст.б.20} = \left( L_{б.к.ан.20} \cdot q_{t20ст.б.} - \frac{m_{зп} \cdot L_{зп}}{m_{б.к.}} \right) \cdot q_{t20} \quad (1)$$

где L<sub>б.к.ан.20</sub> = (h<sub>всп22</sub> + h<sub>всп24</sub>) · q<sub>t20</sub>/2 – расстояние, мм, от нижней плоскости эталонной меры до плоскости симметрии балансировочных штифтов при температуре 20 °С;

m<sub>гр</sub> – масса уравновешивающего груза, кг, при которой система остается в равновесии;

L<sub>гр</sub> – расстояние, мм, от плоскости симметрии балансировочных штифтов до оси уравновешивающего груза, измеренное линейкой в процессе балансировки;

m<sub>б.к.</sub> – масса эталонной меры, кг;

q<sub>t20ст.б.</sub> – температурная поправка на температуру статической балансировки (вводится, если температура при балансировке отклоняется от нормального значения 20 °С более, чем на установленное в п. 12.5.9 значение).;

q<sub>t20</sub> – температурная поправка для приведения к 20 °С (вводится, если температура при балансировке отклоняется от нормального значения 20 °С более, чем на установленное в п. 12.5.9 значение).

12.5.9 Правила введения температурной поправки при статической балансировке:

$$q_{t20ст.б.} = 1 + \alpha_{ст} \cdot \Delta t_{ст.б.} \quad \text{при } \Delta t_{ст.б.} \geq 1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2)$$

$$q_{t20} = 1 - \alpha_{ст} \cdot \Delta t_{ст.б.} \quad \text{при } \Delta t_{ст.б.} \geq 1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3)$$

$$\Delta t_{ст.б.} = t_{ст.б.} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (4)$$

где α<sub>ст</sub> = 11,6 · 10<sup>-6</sup> °С<sup>-1</sup> (для стали 20 по ГОСТ 1050-2013) – температурный коэффициент линейного расширения материала эталонной меры;

Δt<sub>ст.б.</sub> – отклонение температуры при статической балансировке t<sub>ст.б.</sub> от нормального значения (20 °С).

12.5.10 Рассчитывают погрешность статической балансировки Δ<sub>ст.б.</sub>:

$$\Delta_{ст.б.} = \frac{\Delta m_{зп1} \cdot L_{зп1} + \Delta m_{зп2} \cdot L_{зп2}}{2m_{б.к.}} \quad (5)$$

12.5.11 Результаты измерений регистрируют в протоколах измерений.

## 12.6 Определение массы и координат центра масс, воспроизводимых эталонными мерами набора

12.6.1 Вычисляют аналитическим методом вертикальные координаты центра масс эталонных модулей (эталонных мер и крепежных элементов) при температуре измерений по формуле:

$$x = \left( \sum_{j=1}^r k_j d_j^2 h_j k_{xj} (Hx_j + h_j / 2) \right) / \left( \sum_{j=1}^r k_j d_j^2 h_j \right) \quad (6)$$

где x – вертикальная координата центра масс эталонного модуля в собственной системе координат при температуре измерений;

k<sub>j</sub> – коэффициент типа j-того элементарного цилиндра (k<sub>j</sub> = 1 для валов; k<sub>j</sub> = -1 - для отверстий);

$d_j, h_j$  – диаметр и высота каждого  $j$ -того элементарного цилиндра;

$k_{xj}$  – коэффициент расположения  $j$ -того элементарного цилиндра по оси  $X$  ( $k_{xj} = 1$  для элементов, расположенных в области положительных значений рассматриваемой оси координат;  $k_{xj} = -1$  для элементов, расположенных в области отрицательных значений рассматриваемой оси координат – характерно для болтов);

$H_{xj} = C_{x1j} \cdot L_{x1j} + C_{x2j} \cdot L_{x2j} + C_{x3j} \cdot L_{x3j} + \dots$  - расстояние от начала координат до нижней поверхности элементарного цилиндра (выражается через функцию, аргументы и коэффициенты которой приведены в паспорте на эталонную меру);

$r$  – количество элементарных цилиндров, на которые условно разбит модуль;

Примечание – Для штифтов, которыми оснащены эталонные меры типа «Сегмент» множитель  $(H_{xj} + h_j/2)$  заменяется на  $H_{xj}$ .

12.6.2 Для вычисления значений по формуле (6) используют эскизы эталонных мер и крепежных элементов, значения коэффициентов типа и расположения элементарных цилиндров, коэффициентов и аргументов для расстояний  $H_{xj}$ , указанные в разделе «Индивидуальные особенности» паспорта на эталонную меру.

12.6.3 В качестве значений диаметров и высот элементарных цилиндров в формулу (6) для эталонных мер подставляют их измеренные в соответствии с п. 12.2 значения, за исключением диаметров резьбы, для которых подставляют номинальные значения среднего диаметра по ГОСТ 16093-2004. Для крепежных элементов, входящих в состав эталонной меры, подставляют номинальные значения, указанные в разделе «Индивидуальные особенности» паспорта на эталонную меру, если измеренные значения их геометрических размеров не выходят за пределы  $\pm IT12/2$  по ГОСТ 25346-2013. В противном случае для крепежных элементов в формулу (6) подставляют измеренные значения данных параметров.

12.6.4 Вычисляют аналитическим методом координаты центра масс эталонных модулей при температуре 20 °С по формуле:

$$x_{20} = x \cdot q_{t20} \quad (7)$$

где  $q_{t20}$  – температурная поправка (вводится, если температура при измерениях геометрических размеров отклоняется от нормального значения 20 °С более, чем на установленное значение – см. п. 12.6.5).

12.6.5 Правила введения температурных поправок:

$$\begin{cases} q_{t20} = 1 - \alpha_{эм} \cdot \Delta t & \text{при } \Delta t \geq 1 \text{ } ^\circ\text{C} \\ q_{t20} = 1 & \text{при } \Delta t < 1 \text{ } ^\circ\text{C} \end{cases}; \quad (8)$$

$$\Delta t = t - 20 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (9)$$

где  $\Delta t$  – отклонение, °С, температуры при измерениях геометрических размеров эталонного модуля  $t$  от нормального значения (20 °С);

12.6.6 Вычисляют отклонение  $\Delta x_{20}$ , мм, вычисленного аналитическим методом при температуре 20 °С (см. п. 12.6.4) значения координаты центра масс эталонной меры типа «Сегмент» от определенного балансировкой  $x_{ст.6.20}$  при температуре 20 °С (см. п. 12.5):

$$\Delta x_{20} = x_{20} - x_{ст.6.20}. \quad (10)$$

12.6.7 Корректируют с учетом неоднородности значения координат центра масс эталонных модулей типа «Сегмент» при температуре 20 °С в зависимости от вычисленного в п. 12.6.4 отклонения:

$$x_{20} = \begin{cases} x_{20} & \text{при } |\Delta x_{20}| < \Delta x_{доп} \\ x_{ст.6.20} & \text{при } |\Delta x_{20}| \geq \Delta x_{доп} \end{cases}, \quad (11)$$

где  $\Delta x_{доп}$  – допускаемое отклонение от индивидуального значения координаты центра масс эталонной меры, установленное в эксплуатационной документации на набор ( $\Delta x_{доп} = 0,15$  мм).

12.6.8 Приводят измеренное значение установочной высоты эталонной меры и ее крепежных элементов к температуре 20 °С с учетом п. 12.6.5 по формуле:

$$Lx_{уст.м20} = Lx_{уст.м} \cdot q_{t20}; \quad (12)$$

$$Lx_{уст.кр20} = Lx_{уст.кр} \cdot q_{t20}, \quad (13)$$

где  $Lx_{уст.м20}$  – установочная высота, мм, эталонной меры при температуре 20 °С;

$Lx_{уст.кр20}$  – установочная высота, мм, крепежного элемента эталонной меры при температуре 20 °С;

$Lx_{уст.м}$  – установочная высота, мм, эталонной меры при температуре измерений;

$Lx_{уст.кр}$  – установочная высота, мм, крепежного элемента эталонной меры при температуре измерений.

Установочную высоту для гаек эталонных мер модификаций СБ-100-400 и СБЦ-100-400, а также болтов эталонных мер модификаций СБ-10-150, СБ-20-200 и всех базовых модификаций эталонных мер типа «Гиря» не измеряют, а в дальнейших расчетах используют номинальное значение, указанное в паспорте на эталонную меру.

12.6.9 Вычисляют массу и вертикальную координату центра масс при температуре 20 °С эталонных мер с учетом крепежных элементов для всех модификаций, указанных в руководстве по эксплуатации набора, по формулам:

$$M_m = m_m + \sum_{i=1}^k m_{кри}, \quad (14)$$

$$X_{20м} = \frac{m_m \cdot x_{20м} + \sum_{i=1}^k (m_{кри} \cdot X_{20кри})}{m_m + \sum_{i=1}^k m_{кри}}, \quad (15)$$

$$X_{20кри} = x_{20кри} + Lx_{уст.кр20i}, \quad (16)$$

где  $M_m$  – масса, кг, эталонной меры с учетом крепежных элементов в данной модификации;

$m_m$  – масса, кг, непосредственно эталонной меры (без учета крепежных элементов) из состава данной модификации эталонной меры;

$m_{кри}$  – масса, кг,  $i$ -го крепежного элемента из состава данной модификации эталонной меры;

$X_{20м}$  – координата  $X$  центра масс, мм, данной модификации эталонной меры с учетом крепежных элементов при температуре 20 °С;

$x_{20м}$  – координата  $X$  центра масс, мм, собственно эталонной меры при температуре 20 °С;

$X_{20кри}$  – координата  $X$  центра масс, мм,  $i$ -го крепежного элемента данной модификации эталонной меры в системе координат эталонной меры при температуре 20 °С;

$x_{20кри}$  – координата  $X$  центра масс, мм,  $i$ -го крепежного элемента в собственной системе координат при температуре 20 °С;

$k$  – количество крепежных элементов данной модификации эталонной меры.

12.6.10 Измеренное при испытаниях значение воспроизводимых координат центра масс  $Y$  и  $Z$  для всех мер принимают равным нулю, кроме сегментов С-100-400, для которых его определяют по формулам:

$$y_m = \left( \sum_{j=1}^r k_j d_j^2 h_j k_{yj} y_j \right) / \left( \sum_{j=1}^r k_j d_j^2 h_j \right); \quad (17)$$

$$z_m = \left( \sum_{j=1}^r k_j d_j^2 h_j k_{zj} z_j \right) / \left( \sum_{j=1}^r k_j d_j^2 h_j \right), \quad (18)$$

где  $y_m, z_m$  – горизонтальные координаты центра масс эталонного модуля;

$y_j$  и  $z_j$  - измеренные значения  $y_j$  и  $z_j$  расстояний от начала координат до вертикальной оси элемента.

Примечание – Для штифтов, которыми оснащены эталонные меры множитель  $y_j$  заменяется на  $(Ny_j + h_j/2)$ ;  $z_j$  заменяется на  $(Nz_j + h_j/2)$ ;  $Ny_j$  и  $Nz_j$  выражаются через функции, аналогичные  $Nx_j$ , аргументы и коэффициенты которых приведены в паспорте на эталонную меру).

12.6.11 Вычисляют горизонтальные координаты центра масс эталонных мер С-100-400 с учетом крепежных элементов  $Y_m$  и  $Z_m$  для всех модификаций, указанных в руководстве по эксплуатации набора, аналогично формуле (15), подставляя вместо множителя  $x_{20m}$  значения соответствующих координат эталонных мер  $y_m$  и  $z_m$ , полученных по п. 12.6.10, а вместо множителей  $X_{20kp_i}$  соответствующие координаты  $y_j$  и  $z_j$  отверстий под крепежные элементы эталонных мер.

12.6.12 В значения горизонтальных координат центра масс температурные поправки не вводят.

12.6.13 Измеренные значения массы и координат центра масс собственно эталонных мер, крепежных элементов, их установочных высот, а также всех модификаций эталонных мер с учетом крепежных элементов при температуре измерений и при температуре 20 °С регистрируют в протоколе поверки в миллиметрах с точностью до двух знаков после запятой.

## 12.7 Определение массы и координат центра масс, воспроизводимых стандартными комплектами набора

12.7.1 Вычисляют массу  $M_{ck}$ , кг, вертикальную координату центра масс  $x_{ck}$ , мм, и установочную высоту  $Lx_{уст.ck}$ , мм, стандартных комплектов при температуре измерений по формулам:

$$M_{ck} = \sum_{i=1}^n M_{mi} ; \quad (19)$$

$$x_{ck} = \frac{\sum_{i=1}^n (M_{mi} \cdot X_{mi})}{\sum_{i=1}^n M_{mi}} ; \quad (20)$$

$$Lx_{уст.ck} = \sum_{i=1}^n Lx_{уст.mi} ; \quad (21)$$

где  $M_{mi}$  – масса, кг,  $i$ -ой эталонной меры стандартного комплекта с учетом ее крепежных элементов;

$X_{mi}$  – координата центра масс, мм,  $i$ -ой эталонной меры стандартного комплекта с учетом ее крепежных элементов в системе координат комплекта при температуре измерений (определяют в соответствии с указаниями подраздела 2.2.7 руководства по эксплуатации набора);

$Lx_{уст.mi}$  – установочная высота, мм,  $i$ -ой эталонной меры стандартного комплекта при температуре измерений;

$n$  – количество эталонных мер в стандартном комплекте.

12.7.2 Вычисляют вертикальную координату центра масс  $x_{20ck}$ , мм, и установочную высоту  $Lx_{уст.ck20}$ , мм, стандартных комплектов при температуре 20 °С с учетом п. 13.1.5 по формулам:

$$x_{20ck} = x_{ck} \cdot t_{q20} ; \quad (22)$$

$$Lx_{уст.ck20} = Lx_{уст.ck} \cdot t_{q20} . \quad (23)$$

12.7.3 Вычисляют горизонтальные координаты центра масс стандартных комплектов эталонных мер С-100-400 аналогично формуле (20), подставляя вместо множителя  $X_{mi}$  значения соответствующих координат эталонных мер с учетом крепежных элементов  $Y_m$  и  $Z_m$ , полученных

по п. 12.6.11 и скорректированных на смещение относительно начала координат нижней эталонной меры стандартного комплекта.

12.7.4 В значения горизонтальных координат центра масс температурные поправки не вводят.

12.7.5 Измеренные значения массы, координат центра масс и установочных высот стандартных комплектов при температуре измерений и при температуре 20 °С регистрируют в протоколе испытаний в миллиметрах с точностью до двух знаков после запятой.

### 12.8 Определение массы и координат центра масс, воспроизводимых характерными конфигурациями набора

12.8.1 Определение действительных значений массы и координат центра масс выполняют для характерных конфигураций (конфигураций, воспроизводящих крайние точки диапазона измерений) набора, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Характерные конфигурации набора

Характерные точки	Обозначение конфигурации и номинальное значение воспроизводимой величины	Состав конфигурации
Минимальная масса	M <sub>min</sub> 10 кг	<u>В центре измерительной платформы:</u> Эталонная мера ЭМЦ ГБ-10-10; L <sub>у<sub>уст.ск</sub></sub> = L <sub>z<sub>уст.ск</sub></sub> = 0 мм
Максимальная масса	M <sub>max</sub> 547 кг	<u>В центре измерительной платформы:</u> Один стандартный комплект СКЦ-С100-3; Одна эталонная мера ЭМЦ ДП-50-47; Одна эталонная мера ЭМЦ Г-50-45; Один стандартный комплект СК-Г20-5; Одна эталонная мера ЭМЦ Г-10-10; L <sub>у<sub>уст.ск</sub></sub> = L <sub>z<sub>уст.ск</sub></sub> = 0 мм <u>С боковым смещением:</u> Одна эталонная мера ЭМЦ С-10-150; L <sub>у<sub>уст.ск</sub></sub> = 500 мм, L <sub>z<sub>уст.ск</sub></sub> = 0 мм; <u>С боковым смещением:</u> Одна эталонная мера ЭМЦ С-20-200; L <sub>у<sub>уст.ск</sub></sub> = 500 мм, L <sub>z<sub>уст.ск</sub></sub> = 0 мм.
Минимальная вертикальная координата центра масс	X <sub>min</sub> 10 мм	<u>В центре измерительной платформы:</u> Эталонная мера ЭМЦ ГБ-10-10 L <sub>у<sub>уст.ск</sub></sub> = L <sub>z<sub>уст.ск</sub></sub> = 0 мм
Максимальная вертикальная координата центра масс	X <sub>max</sub> 1767 мм	<u>В центре измерительной платформы:</u> Один стандартный комплект СКЦ-С100-3; Одна эталонная мера ЭМЦ ДП-50-47; Одна эталонная мера ЭМЦ Г-50-45; Один стандартный комплект СК-Г20-5; Одна эталонная мера ЭМЦ Г-10-10 L <sub>у<sub>уст.ск</sub></sub> = L <sub>z<sub>уст.ск</sub></sub> = 0 мм

12.8.2 Вычисляют  $M_k$ , кг, и вертикальную координату центра масс  $X_k$ , мм, характерных конфигураций набора при температуре измерений по формулам:

$$M_k = \sum_{i=1}^P M_{cki} ; \quad (24)$$



$$X_k(Y_k, Z_k) = \frac{\sum_{i=1}^p (M_{cki} \cdot X_{cki}(Y_{ck20i}, Z_{ck20i}))}{\sum_{i=1}^n M_{cki}}; \quad (25)$$

где  $M_{cki}$  – масса, кг,  $i$ -ого стандартного комплекта конфигурации;

$X_{cki}$  – вертикальная координата центра масс, мм,  $i$ -ого стандартного комплекта в характерной конфигурации при температуре измерений в системе координат конфигурации (вычисляются в соответствии с указаниями подраздела 2.2.8 руководства по эксплуатации набора);

$Y_{ck20i}, Z_{ck20i}$  – горизонтальные координаты центра масс, мм,  $i$ -ого стандартного комплекта в характерной конфигурации при температуре 20 °С в системе координат конфигурации (вычисляются в соответствии с указаниями подраздела 2.2.8 руководства по эксплуатации набора без учета температурной поправки, т.к. расчет проводится для номинальных значений  $L_{уст.ck}$  и  $L_{Zуст.ck}$ ).

12.8.3 Вычисляют координату центра масс  $X_{k20}$ , мм, характерных конфигураций набора при температуре 20 °С с учетом п. 3.2.4.5 по формуле:

$$X_{k20} = X_k \cdot t_{q20}. \quad (26)$$

12.8.4 Измеренные значения массы и координат центра масс характерных конфигураций при температуре измерений и при температуре 20 °С регистрируют в протоколе испытаний в миллиметрах с точностью до двух знаков после запятой.

## 12.9 Определение отклонений массы и координат центра масс от индивидуальных значений

12.9.1 Отклонения массы и координат центра масс эталонных мер с учетом крепежных элементов и стандартных комплектов набора от указанных в эксплуатационных документах индивидуальных значений  $\Delta(A)$  при температуре 20 °С определяют по формуле:

$$\Delta(A) = A_{изм} - A_{инд}, \quad (27)$$

где  $A_{изм}$  – измеренное при испытаниях значение воспроизводимой величины (для вертикальных координат центра масс – при температуре 20 °С);

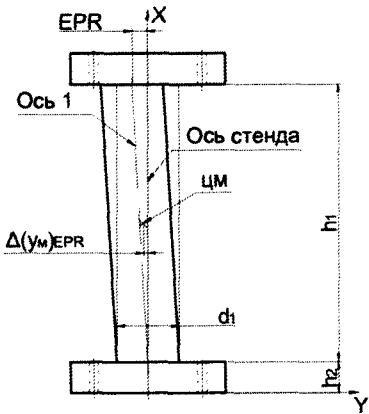
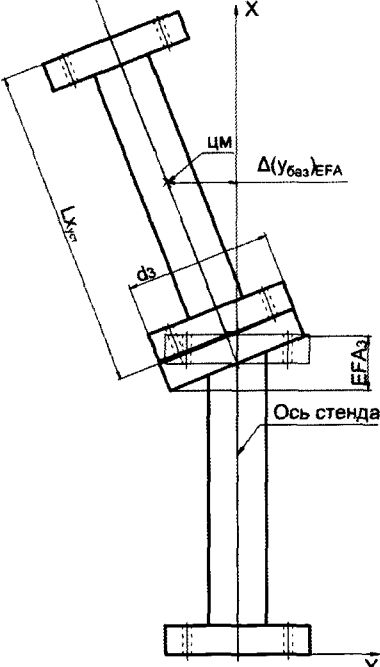
$A_{инд}$  – индивидуальное значение воспроизводимой величины (для вертикальных координат центра масс – при температуре 20 °С), указанное в эксплуатационных документах набора.

## 12.10 Определение систематической погрешности, обусловленной отклонениями формы и расположения поверхностей эталонных мер

12.10.1 Рассчитывают в соответствии с указаниями таблицы 5 суммарные погрешности эталонных мер, обусловленные отклонениями формы и расположения их поверхностей  $\Delta(X_M)_{EFE}$ ,  $\Delta(L_{Xуст.м})_{EFE}$ ,  $\Delta(X_M)_{EFP}$ ,  $\Delta(Y_M)_{EFL}$ ,  $\Delta(Y_M)_{EPC}$ ,  $\Delta(Y_{баз})_{EPC}$ ,  $\Delta(Y_M)_{EPR}$ ,  $\Delta(Y_{баз})_{EPA}$ .

Таблица 5 – Выражения для расчета погрешности, обусловленной отклонениями формы и расположения поверхностей эталонных мер

Вид отклонения	Эскиз	Выражение для погрешности
Отклонение от плоскостности EFE		$\Delta(x_m)_{EFE} = \frac{EFE_H}{2}$ $\Delta(Lx_{уст})_{EFE} = \frac{EFE_H + EFE_B}{2}$
Отклонение профиля продольного сечения (конусообразность) EFP		$\Delta(x_i)_{EFP} = \frac{D_i \cdot EFP_i + EFP_i^2}{3 \cdot D_i^2 + 6 \cdot D_i \cdot EFP_i + 4 \cdot EFP_i^2}$ $\Delta(x_m)_{EFP} = \frac{\pi}{4 \cdot V} \sqrt{\sum_{i=1}^3 (d_i^2 \cdot h_i \cdot \Delta(x_i)_{EFP})^2}$
Отклонение от прямолинейности оси EFL		$\Delta(y_m)_{EFL} = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot h_1 \cdot 0,7 \cdot EFL_1}{4 \cdot V}$
Отклонение от соосности EPC		$\Delta(y_m)_{EPC} = \frac{\pi}{4 \cdot V} \sqrt{\sum_{i=1}^3 (d_i^2 \cdot h_i \cdot EPC_i)^2}$ $\Delta(y_{баз})_{EPC} = EPC_4$

Вид отклонения	Эскиз	Выражение для погрешности
Отклонение от перпендикулярности EPR		$\Delta(y_m)_{EPR} = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot h_1 \cdot EPR \left(1 - \frac{h_1}{2(h_1 + h_2)}\right)}{4 \cdot V}$
Отклонение от параллельности EFA		$\Delta(y_{баз})_{EFA} = \frac{Lx_{ycm} \cdot EFA3}{2 \cdot d_3}$

12.10.2 Рассчитывают систематическую погрешность  $\Delta_{c1}(x_m)$  воспроизведения вертикальной координаты каждой эталонной меры по формуле:

$$\Delta_{c1}(x_m) = \sqrt{\Delta(x_m)_{EFE}^2 + \Delta(x_m)_{EFP}^2}, \quad (28)$$

где  $\Delta(x_m)_{EFE}$  – суммарная погрешность эталонной меры, вызванная отклонениями от плоскостности EFE ее плоских поверхностей;

$\Delta(x_m)_{EFP}$  – суммарная погрешность эталонной меры, вызванная отклонениями профиля продольного сечения EFP ее боковых цилиндрических поверхностей.

12.10.3 Рассчитывают систематическую погрешность  $\Delta_{c1}(y_m, z_m)$  воспроизведения горизонтальных координат каждой эталонной меры по формуле:

$$\Delta_{c1}(y_m, z_m) = \sqrt{\Delta(y_m)_{EFL}^2 + \Delta(y_m)_{EPC}^2 + \Delta(y_{баз})_{EPC}^2 + \Delta(y_m)_{EPR}^2 + \Delta(y_{баз})_{EFA}^2}, \quad (29)$$

где  $\Delta(y_m)_{EFL}$  – погрешность эталонной меры, вызванная отклонением от прямолинейности EFL ее продольной оси;

$\Delta(y_m)_{EPC}$  – суммарная погрешность эталонной меры, вызванная отклонениями от соосности EPC между осями ее цилиндрических поверхностей (для эталонных мер ЭМЦ С-100-400 не учитывается, т.к. для них определены индивидуальные значения горизонтальных координат);

$\Delta(y_{баз})_{EPC}$  – погрешность базирования эталонной меры в стандартном комплекте, вызванная отклонениями от соосности EPC между осями ее нижних и верхних базовых отверстий

(для эталонных мер ЭМЦ С-100-400 не учитывается, т.к. для них определены индивидуальные значения горизонтальных координат);

$\Delta(y_m)_{EPR}$  – погрешность эталонной меры, вызванная отклонениями от перпендикулярности EPR осей ее цилиндрических поверхностей по отношению к ее нижней плоской поверхности;

$\Delta(y_{баз})_{EPA}$  – погрешность эталонной меры, вызванная отклонениями от параллельности EPA ее плоских поверхностей.

12.10.4 Рассчитывают суммарные предельные погрешности стандартных комплектов, обусловленные отклонениями формы и расположения их поверхностей  $\Delta(x_{ск})_{EFE}$ ,  $\Delta(Lx_{уст.эм})_{EFE}$ ,  $\Delta(x_{ск})_{EFP}$ ,  $\Delta(y_{ск})_{EFL}$ ,  $\Delta(y_{ск})_{EPC}^M$ ,  $\Delta(y_{ск})_{EPC}^{баз}$ ,  $\Delta(y_{ск})_{EPR}$ ,  $\Delta(y_{ск})_{EPA}^{баз}$ , по формулам:

$$\Delta(x_{ск})_{EFE} = \sqrt{\left(\Delta(x_m)_{EFE}^{max}\right)^2 + \left(\frac{(n-1)}{2} \Delta(Lx_{уст.эм})_{EFE}^{max}\right)^2}; \quad (30)$$

$$\Delta(Lx_{уст.ск})_{EFE} = n \cdot \Delta(Lx_{уст.эм})_{EFE}^{max}; \quad (31)$$

$$\Delta(x_{ск})_{EFP} = \Delta(x_m)_{EFP}^{max}; \quad (32)$$

$$\Delta(y_{ск})_{EFL} = \Delta(y_m)_{EFL}^{max}; \quad (33)$$

$$\Delta(y_{ск})_{EPC}^M = \Delta(y_m)_{EPC}^{max}; \quad (34)$$

$$\Delta(y_{ск})_{EPC}^{баз} = \frac{n-1}{n} \Delta(y_{баз})_{EPC}^{max}; \quad (35)$$

$$\Delta(y_{ск})_{EPR} = \Delta(y_m)_{EPR}^{max}; \quad (35)$$

$$\Delta(y_{ск})_{EPA}^{баз} = \frac{2n-2}{n} \Delta(y_{баз})_{EPA}^{max}; \quad (37)$$

где  $\Delta(x_m)_{EFE}^{max}$ ,  $\Delta(x_m)_{EFP}^{max}$ ,  $\Delta(y_m)_{EFL}^{max}$ ,  $\Delta(y_m)_{EPC}^{max}$ ,  $\Delta(y_{баз})_{EPC}^{max}$ ,  $\Delta(y_m)_{EPR}^{max}$ ,  $\Delta(y_{баз})_{EPA}^{max}$  – максимальные погрешности эталонных мер данного типа, из которых состоит стандартный комплект.

12.10.5 Рассчитывают систематические погрешности  $\Delta_{с1}(x_{ск})$  и  $\Delta_{с1}(y_m, z_m)$  воспроизведения координат центра масс каждого стандартного комплекта по формулам (28) и (29) соответственно, подставляя в них вместо погрешностей эталонных мер, погрешности стандартных комплектов, рассчитанные в соответствии с п. 12.10.4.

12.10.6 Расчеты не проводят при периодической поверке.

## 12.11 Определение систематической погрешности воспроизведения вертикальной координаты центра масс, обусловленной неоднородностью материала

12.11.1 В случае, если значение вертикальной координаты центра масс эталонных мер типа «Сегмент» не корректировались, то за систематическую погрешность такой эталонной меры, обусловленную неоднородностью материала,  $\Delta_{с2}$  принимают значение отклонения  $\Delta x_{20}$ , рассчитанное в соответствии с п. 12.6.6.

12.11.2 В случае, если значение вертикальной координаты центра масс эталонных мер типа «Сегмент» корректировались, то за систематическую погрешность  $\Delta_{с2}$  такой эталонной меры принимают погрешность статической балансировки  $\Delta_{ст.б.}$ , рассчитанную по формуле (5).

12.11.3 За систематическую погрешность  $\Delta_{с2}$  остальных эталонных мер принимают ноль.

12.11.4 Рассчитывают систематическую погрешность  $\Delta_{с2}(x_{ск})$  воспроизведения вертикальной координаты стандартных комплектов сегментов по формуле:

$$\Delta_{с2}(x_{ск}) = \pm \sum_{i=1}^n \frac{\Delta_{с2}(x_i)}{n}, \quad (38)$$

где  $\Delta_{с2}(x_i)$  – систематическая погрешность воспроизведения вертикальной координаты  $i$ -го сегмента, обусловленная неоднородностью материала;

$n$  – количество сегментов в стандартном комплекте.

12.11.5 Рассчитывают систематическую погрешность  $\Delta_{c2}(X_k)$  воспроизведения вертикальной координаты характерной конфигурации, включающей сегменты по формуле:

$$\Delta_{c2}(X_k) = \frac{\sum_{i=1}^w M_{cki} \cdot \Delta_{c2}(x_{cki})}{M_k}, \quad (39)$$

где  $\Delta_{c2}(x_{cki})$  – систематическая погрешность воспроизведения вертикальной координаты  $i$ -го стандартного комплекта или эталонной меры, обусловленная неоднородностью материала;  
 $w$  – количество стандартных комплектов сегментов и отдельных сегментов в конфигурации.

12.11.6 Расчеты не проводят при периодической проверке.

## 12.12 Определение основной абсолютной погрешности эталонных мер, стандартных комплектов и характерных конфигураций

12.12.1 Оценивают основную погрешность воспроизведения массы для каждой модификации эталонной меры и каждого стандартного комплекта  $\Delta(M)_\Sigma$  как сумму отклонений от указанных в эксплуатационных документах индивидуальных значений (см. п. 13.4), допускаемой погрешности применяемых при испытаниях эталонных гирь и СКО компаратора массы.

12.12.2 Оценивают основную погрешность воспроизведения массы для каждой характерной конфигурации  $\Delta(M_k)_\Sigma$  по формуле:

$$\Delta(M_k)_\Sigma = \sum_{i=1}^n \Delta(M_{cki})_\Sigma, \quad (40)$$

где  $\Delta(M_{cki})_\Sigma$  – основная погрешность воспроизведения массы  $i$ -го стандартного комплекта или эталонной меры;

$n$  – количество стандартных комплектов и отдельных эталонных мер в конфигурации.

12.12.3 Оценивают основную погрешность воспроизведения координат центра масс для каждой модификации эталонной меры, каждого стандартного комплекта и каждой характерной конфигурации  $\Delta(X, Y, Z)_\Sigma$  по формулам:

$$\Delta(X, Y, Z)_\Sigma = |\Delta(X, Y, Z)| + \Delta_{c1}(X, Y, Z) + \Delta_{c2}(X) + \Delta_{c3}(X_k, Y_k, Z_k) + \Delta_{c4}(Y_k, Z_k); \quad (41)$$

$$\Delta_{c3}(X_k) = \frac{\sum_{i=1}^m \left( M_{cki} \cdot \left( \Delta(x_{cki}) + \sum_{j=1}^b \Delta(Lx_{yсмск})_j \right) \right)}{M_k}, \quad (42)$$

$$\Delta_{c3}(Y_k, Z_k) = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{M_{cki} \cdot \Delta_{c1}(y_{cki})}{M_k} \right)^2}, \quad (43)$$

где  $\Delta(X, Y, Z)$  – отклонение координаты центра масс от указанного в эксплуатационных документах индивидуального значения, рассчитанное в соответствии с п. 13.4 (не применяется для конфигураций);

$\Delta_{c1}(X, Y, Z)$  – систематическая погрешность воспроизведения координаты центра масс, обусловленная отклонениями формы и расположения поверхностей эталонных мер, рассчитанная в соответствии с п. 13.5;

$\Delta_{c2}(X, Y, Z)$  – систематическая погрешность воспроизведения координаты центра масс, обусловленная неоднородностью материала, рассчитанная в соответствии с п. 13.6;

$\Delta_{c3}(X_k, Y_k, Z_k)$  – систематическая погрешность воспроизведения координат центра масс характерной конфигурации, обусловленная отклонениями координат центра масс стандартных комплектов и эталонных мер от индивидуальных значений, рассчитанная по формулам (42), (43) – рассчитывают только для характерных конфигураций;

$\Delta_{с4}(Y_k, Z_k) = \Delta L_{\text{доп}}$  – погрешность воспроизведения горизонтальных координат центра масс в конфигурациях с боковыми модулями, обусловленная погрешностью измерений расстояния  $L$  от начала координат измерительной платформы стенда до центра бокового модуля вдоль горизонтальной оси;

$\Delta L_{\text{доп}} = 0,03$  мм – пределы допускаемой погрешности измерений расстояния  $L$ , указанные в эксплуатационных документах набора;

$\Delta(x_{ски})$  – отклонение от индивидуального значения  $i$ -го стандартного комплекта;

$\Delta(L_{\text{уст.ск}})_j$  – суммарная погрешность установочной высоты  $j$ -го стандартного комплекта или эталонной меры в конфигурации, расположенных ниже рассматриваемого;

$b$  – количество стандартных комплектов или эталонных мер в конфигурации, расположенных ниже рассматриваемого;

$\Delta_{с1}(y_{ски})$  – отклонение индивидуального значения  $i$ -го стандартного комплекта.

### 12.13 Порядок поверки в сокращенном объеме

12.13.1 Допускается проводить периодическую поверку в сокращенном объеме для части воспроизводимых величин. В этом случае поверка проводится в соответствии со всеми положениями данной методики, за исключением тех, которые имеют отношение к определению величин, не подвергающихся поверке, при этом в записях о результатах поверки указываются наименования величин, для которых осуществлена поверка.

12.13.2 Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме.

### 13 Подтверждение соответствия набора метрологическим требованиям

13.1 При первичной поверке набор признается соответствующим установленным метрологическим требованиям и пригодным к дальнейшему применению, если для каждой воспроизводимой величины  $A$  ( $M, X, Y, Z$ ) и для всех модификаций эталонных мер, стандартных комплектов и характерных конфигураций набор соответствует обязательным требованиям к эталонам (требуемому уровню локальной поверочной схемы), в соответствии с которой его планируется применять для поверки, а также для характерных конфигураций выполняется условие (44), а для модификаций эталонных мер и стандартных комплектов выполняется следующее условие выполняются условия (44) и (45):

$$|\Delta(A)_{\Sigma}| \leq |\Delta_0(A)^{\text{доп}}|; \quad (44)$$

$$|\Delta(A)| \leq |\Delta(A)^{\text{доп}}|; \quad (45)$$

где  $\Delta(A)_{\Sigma}$  – основная погрешность воспроизведения величины;

$\Delta_0(A)^{\text{доп}}$  – предел допускаемой основной погрешности воспроизведения величины, указанный в описании типа;

$\Delta(A)$  – отклонение величины от индивидуального значения;

$\Delta(A)^{\text{доп}}$  – допускаемое отклонение от индивидуального значения, указанное в описании типа.

13.2 При периодической поверке набор признается соответствующим установленным метрологическим требованиям и пригодным к дальнейшему применению, если для каждой воспроизводимой величины ( $A$ ) и для всех модификаций эталонных мер, стандартных комплектов и характерных конфигураций набор соответствует требуемому уровню локальной поверочной схемы, в соответствии с которой его планируется применять для поверки, а также для характерных конфигураций выполняется условие (44), а для модификаций эталонных мер и стандартных комплектов выполняется следующее условие:

$$|\Delta(A)| \leq |\Delta(A)^{\text{доп}}|. \quad (46)$$

13.3 Набор признается не соответствующим установленным метрологическим требованиям и непригодным к дальнейшему применению, если не выполняются условия, указанные в п. 13.1 и 13.2.

#### **14 Оформление результатов поверки**

14.1 Результаты поверки наборов оформляют установленным порядком.

14.2 Протокол первичной поверки оформляют по форме приложения Б, периодической – по форме приложения В.

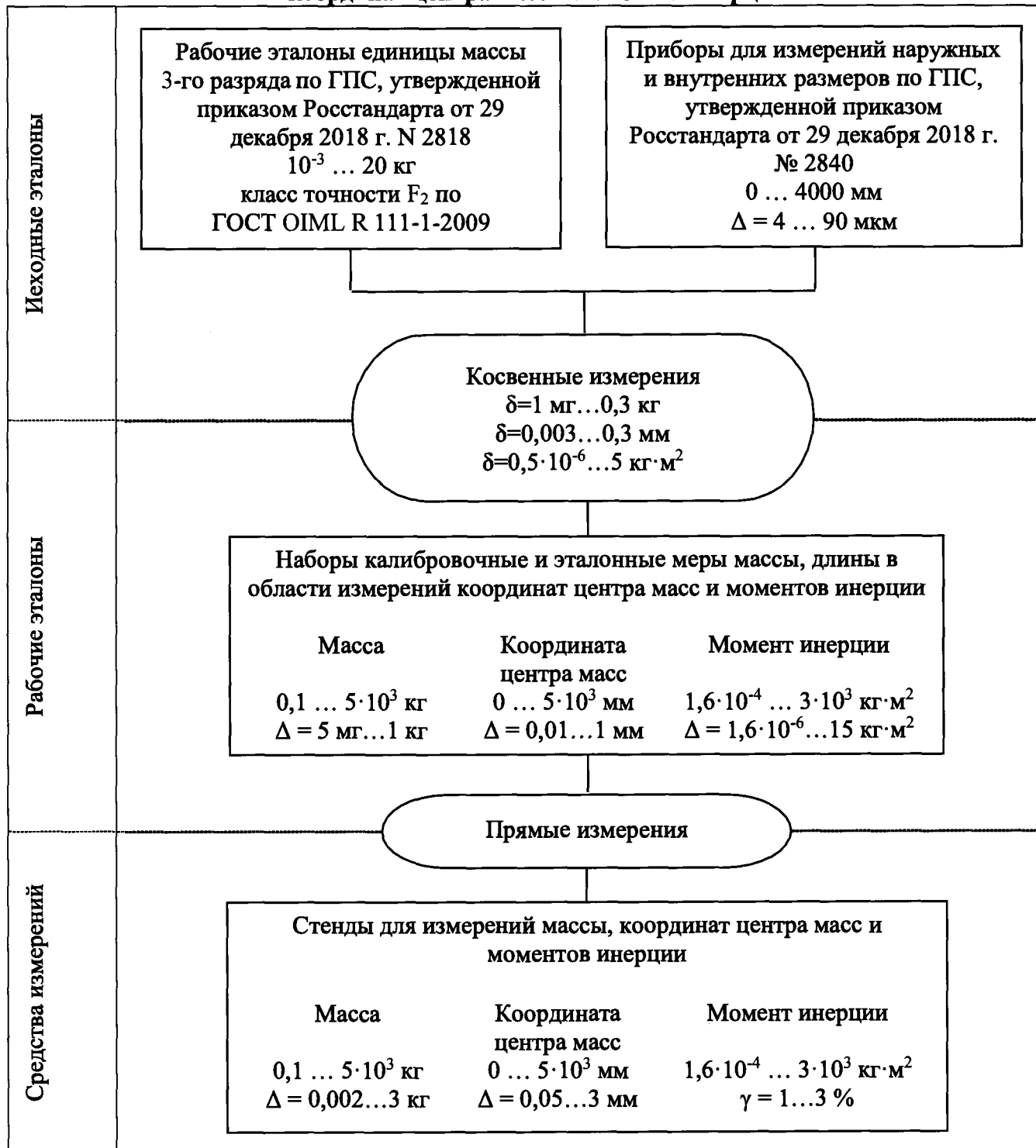
14.3 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, в котором должно быть приведено подтверждение соответствия обязательным требованиям к эталонам (заключение о соответствии требуемому уровню локальной поверочной схемы), в соответствии с которой набор планируется применять для поверки. Знак поверки наносят в паспорта набора и на свидетельство о поверке (в случае его оформления).

14.4 При отрицательных результатах поверки оформляется извещение о непригодности к применению.

14.5 При поверке в сокращенном объеме в свидетельстве о поверке указывают, для каких величин была проведена поверка.

14.6 Результаты поверки установленным порядком передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единств измерений.

Приложение А  
(рекомендуемое)  
**Структура локальной поверочной схемы для средств измерений массы,  
координат центра масс и моментов инерции**





Приложение Б  
(рекомендуемое)  
Форма протокола первичной поверки

**Протокол первичной поверки набора калибровочного мер массы и длины в области измерений координат центра масс НКМ-500, заводской номер 10**

№ \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

1 Применяемая методика поверки: МП 4.28.026-2022

2 Применяемые средства поверки: см. протоколы измерений № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

3 Условия поверки: см. протоколы измерений № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

4 Установленные метрологические характеристики мер набора калибровочного

4.1 Меры типа «Сегмент»

4.1.1 Сегмент (1691.410.00)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота		
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Xуст.м20</sub>	L <sub>Xуст.кр20</sub>	
	М	X	X20	Y	Z		Болт	Гайка
1								
2								
3								
Погрешность измерений, ±								
	г	мм						
1								
2								
3								

4.1.2 Сегмент 10 (1691.420.01)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Xуст.м20</sub>
	М	X	X20	Y	Z	
41						
Погрешность измерений, ±						
	г	мм				
41						

4.1.3 Сегмент 20 (1691.420.02)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Xуст.м20</sub>
	М	X	X20	Y	Z	
42						
Погрешность измерений, ±						
	г	мм				
42						

## 4.2 Меры типа «Диск»

### 4.2.1 Диск переходный 50 (1691.400.03)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота	
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Хуст.м20</sub>	L <sub>Хуст.кр20</sub>
	М	X	X20	Y	Z		
10							
Погрешность измерений, ±							
	г	мм					
10							

## 4.3 Меры типа «Гиря»

### 4.3.1 Гиря 10 (1691.400.04)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота	
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Хуст.м20</sub>	L <sub>Хуст.кр20</sub>
	М	X	X20	Y	Z		
11							
Погрешность измерений, ±							
	г	мм					
11							

### 4.3.2 Гиря 20 (1691.400.01)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота	
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Хуст.м20</sub>	L <sub>Хуст.кр20</sub>
	М	X	X20	Y	Z		
4							
5							
6							
7							
8							
Погрешность измерений, ±							
	г	мм					
4-8							

### 4.3.3 Гиря 50 (1691.400.02)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота	
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Хуст.м20</sub>	L <sub>Хуст.кр20</sub>
	М	X	X20	Y	Z		
9							
Погрешность измерений, ±							
	г	мм					
9							

#### 4.4 Крепежные элементы типа «Болт»

##### 4.4.1 Болт гири 10-20 (1691.400.05)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	М	X	Y	Z
12	0,18880	6,1	0	0
13	0,18831	6,0	0	0
14	0,18835	6,0	0	0
15	0,18731	6,0	0	0
16	0,18793	6,1	0	0
17	0,18879	6,0	0	0
18	0,18815	6,3	0	0
19	0,18816	6,1	0	0
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
12-19	0,00043	$2,6 \cdot 10^{-3}$	-	-

##### 4.4.2 Болт сегмента 100 (1691.400.06)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	М	X	Y	Z
20	0,19843	-10,6	0	0
21	0,19778	-10,2	0	0
22	0,19778	-10,1	0	0
23	0,19733	-10,1	0	0
24	0,19752	-10,7	0	0
25	0,19813	-10,6	0	0
26	0,19772	-10,7	0	0
27	0,19838	-10,4	0	0
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
20-27	0,00062	$5,5 \cdot 10^{-3}$	-	-

##### 4.4.3 Болт переходника 50 (1691.400.07)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	М	X	Y	Z
28	0,26620	-30,8	0	0
29				
30				
31				
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		

28-31				
-------	--	--	--	--

#### 4.4.4 Болт сегмента 100 нижний (1691.400.11)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	M	X	Y	Z
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
32-41				

#### 4.4.5 Болт гири 50 (1691.400.13)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	M	X	Y	Z
66				
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
66				

#### 4.4.6 Болт гири 50 короткий (1691.400.14)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	M	X	Y	Z
67				
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
67				

#### 4.4.7 Болт сегмента боковой (1691.400.15)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	M	X	Y	Z
68				
69				

70				
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
68				
69				
70				

#### 4.5 Крепежные элементы типа «Гайка» (1691.420.07)

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений			
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
	М	X	Y	Z
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
Погрешность измерений, ±				
	г	мм		
54-81				

## 5 Установленные метрологические характеристики модификаций эталонных мер с учетом крепежных элементов набора калибровочного

### 6.1.1 Эталонные меры ЭМЦ ...

Зав. номер	Модификация эталонной меры	Установочная высота, мм	Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг		Длина (координата центра масс), мм		
		L <sub>уст.20</sub>	М	X	X20	Y	Z
Значения							
Погрешность измерений, ±							
		мм	г		мм		
Отклонение от индивидуального значения Δ							
		мм	кг		мм		
Систематическая погрешность Δ <sub>c1</sub> + Δ <sub>c2</sub>							
		мм	кг		мм		
Основная погрешность Δ <sub>Σ</sub>							
		мм	кг		мм		

### 5.1.2 Эталонные меры ЭМЦ ...

...

## 6 Установленные метрологические характеристики стандартных комплектов мер набора калибровочного

### 6.2.1 Стандартные комплекты сегментов

Обозначение стандартного комплекта	Установочная высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг		Длина (координата центра масс), мм		
	L <sub>уст.ск</sub>	L <sub>уст.ск20</sub>	М	X	X20	Y	Z
Значения							
СК-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-2							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-2							
СКЦ-С100-3							
Погрешность измерений, ±							
	мм		г		мм		
СК-С100-2							
СКБ-С100-2							
СКЦ-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-3							
Отклонение от индивидуального значения Δ							
	мм		кг		мм		
СК-С100-2							
СКБ-С100-2							

Обозначение стандартного комплекта	Установочная высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг		Длина (координата центра масс), мм		
	L <sub>Уст.ск</sub>	L <sub>Уст.ск20</sub>	М	Х	Х20	У	З
СКЦ-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-3							
Систематическая погрешность $\Delta_{c1} + \Delta_{c2}$							
	мм		кг		мм		
СК-С100-2							
СКБ-С100-2							
СКЦ-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-3							
Основная погрешность $\Delta_{\Sigma}$							
	мм		кг		мм		
СК-С100-2							
СКБ-С100-2							
СКЦ-С100-2							
СК-С100-3							

### 6.2.2 Стандартные комплекты гирь 20

Обозначение стандартного комплекта	Высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг		Длина (координата центра масс), мм		
	L <sub>Уст.ск</sub>	L <sub>Уст.ск20</sub>	М	Хск	Хск20	У	З
Значения							
СК-Г20-2							
СК-Г20-3							
СК-Г20-4							
СК-Г20-5							
СКБ-Г20-2							
СКБ-Г20-3							
СКБ-Г20-4							
СКБ-Г20-5							
Погрешность измерений, $\pm$							
	мм		г		мм		
СК-Г20-2							
СКБ-Г20-2							
СК-Г20-3							
СКБ-Г20-3							
СК-Г20-4							
СКБ-Г20-4							
СК-Г20-5							
СКБ-Г20-5							
Отклонение от индивидуального значения $\Delta$							
	мм		кг		мм		
СК-Г20-2							
СКБ-Г20-2							
СК-Г20-3							
СКБ-Г20-3							
СК-Г20-4							
СКБ-Г20-4							
СК-Г20-5							
СКБ-Г20-5							
Систематическая погрешность $\Delta_{c1} + \Delta_{c2}$							

Обозначение стандартного комплекта	Высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм			
	L <sub>X<sub>уст.ск</sub></sub>	L <sub>X<sub>уст.ск20</sub></sub>	М	X <sub>ск</sub>	X <sub>ск20</sub>	Y	Z
	мм		кг	мм			
СК-Г20-2 СКБ-Г20-2							
СК-Г20-3 СКБ-Г20-3							
СК-Г20-4 СКБ-Г20-4							
СК-Г20-5 СКБ-Г20-5							
Основная погрешность $\Delta_{\Sigma}$							
	мм		кг	мм			
СК-Г20-2							
СКБ-Г20-2							
СК-Г20-3							
СКБ-Г20-3							
СК-Г20-4							
СКБ-Г20-4							
СК-Г20-5							
СКБ-Г20-5							

**7 Установленные метрологические характеристики конфигураций набора калибровочного, воспроизводящие характерные точки диапазона**

Обозначение конфигурации	Состав конфигурации (з.н. эталонных мер и обозначения стандартных комплектов, входящих в состав конфигурации)	Воспроизводимые единицы величин			
		Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
		М	X	Y	Z
Значения					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Погрешность измерений, $\pm$					
		г	мм		
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Систематическая погрешность $\Delta_{c1} + \Delta_{c2}$					
		г	мм		
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Систематическая погрешность $\Delta_{c3}$					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Систематическая погрешность $\Delta_{c4}$					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Основная погрешность $\Delta_{\Sigma}$					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					



Xmin					
Xmax					

## 8 Результаты поверки

### 8.1 Внешний осмотр показал:

8.1.1 Комплектность и состав набора соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов.

8.1.2 Качество покрытий, шероховатость, форма, маркировка мер набора соответствует/не соответствует эксплуатационных документов.

8.1.3 На поверхности мер набора отсутствуют/присутствуют трещины, сколы, следы коррозии, забоины.

8.2 При опробовании установлено: меры набора собираются/не собираются в стандартные комплекты, указанные в эксплуатационных документах.

### 8.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

8.3.1 Набор воспроизводит единицу массу в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ кг с погрешностью не более \_\_\_\_\_ кг, что соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов на набор и описанию типа.

8.3.2 Набор воспроизводит единицу длины в области измерений вертикальной координаты центра масс в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ мм с погрешностью не более \_\_\_\_\_ мм, что соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов на набор и описанию типа.

8.3.3 Набор воспроизводит единицу длины в области измерений горизонтальных координат центра масс в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ мм с погрешностью не более \_\_\_\_\_ мм, что соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов на набор и описанию типа.

Исполнители:

_____	_____	_____
(Должность)	(Подпись)	(Расшифровка подписи)
_____	_____	_____
(Должность)	(Подпись)	(Расшифровка подписи)

Приложение В  
(рекомендуемое)  
**Форма протокола периодической поверки**

**Протокол периодической поверки набора калибровочного мер массы и длины в области измерений координат центра масс НКМ-500, заводской номер 10**

№ \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

**1 Применяемая методика поверки:** МП 4.28.026-2022

**2 Применяемые средства поверки:** см. протоколы измерений № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**3 Условия поверки:** см. протоколы измерений № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**4 Установленные метрологические характеристики мер набора калибровочного**

**4.1.1 Сегмент (1691.410.00)**

Зав. №	Измеренные значения и погрешность измерений					Установочная высота		
	Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм				L <sub>Уст.м20</sub>	L <sub>Уст.кр20</sub>	
	М	X	X20	Y	Z		Болт	Гайка
1								
2								
3								
Погрешность измерений, ±								
	г	мм						
1								
2								
3								

...

**5 Установленные метрологические характеристики модификаций эталонных мер с учетом крепежных элементов набора калибровочного**

**6.1.1 Эталонные меры ЭМЦ ...**

Зав. номер	Модификация эталонной меры	Установочная высота, мм L <sub>Уст.20</sub>	Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм			
			М	X	X20	Y	Z
Значения							
Погрешность измерений, ±							
		мм	г	мм			
Отклонение от индивидуального значения Δ							
		мм	кг	мм			

**5.1.2 Эталонные меры ЭМЦ ...**

...

## 6 Установленные метрологические характеристики стандартных комплектов мер набора калибровочного

### 6.2.1 Стандартные комплекты сегментов

Обозначение стандартного комплекта	Установочная высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм			
	L <sub>Уст.ск</sub>	L <sub>Уст.ск20</sub>	М	X	X20	Y	Z
Значения							
СК-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-2							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-2							
СКЦ-С100-3							
Погрешность измерений, ±							
	мм		г		мм		
СК-С100-2							
СКБ-С100-2							
СКЦ-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-3							
Отклонение от индивидуального значения Δ							
	мм		кг		мм		
СК-С100-2							
СКБ-С100-2							
СКЦ-С100-2							
СК-С100-3							
СКБ-С100-3							
СКЦ-С100-3							
Систематическая погрешность Δ <sub>с1</sub> + Δ <sub>с2</sub>							

### 6.2.2 Стандартные комплекты гирь 20

Обозначение стандартного комплекта	Высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм			
	L <sub>Уст.ск</sub>	L <sub>Уст.ск20</sub>	М	X <sub>ск</sub>	X <sub>ск20</sub>	Y	Z
Значения							
СК-Г20-2							
СК-Г20-3							
СК-Г20-4							
СК-Г20-5							
СКБ-Г20-2							
СКБ-Г20-3							
СКБ-Г20-4							
СКБ-Г20-5							
Погрешность измерений, ±							
	мм		г		мм		
СК-Г20-2							
СКБ-Г20-2							
СК-Г20-3							
СКБ-Г20-3							
СК-Г20-4							
СКБ-Г20-4							

Обозначение стандартного комплекта	Высота, мм		Воспроизводимые единицы величин				
			Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм			
	L <sub>X<sub>уст.ск</sub></sub>	L <sub>X<sub>уст.ск20</sub></sub>	М	X <sub>ск</sub>	X <sub>ск20</sub>	Y	Z
СК-Г20-5 СКБ-Г20-5							
Отклонение от индивидуального значения Δ							
	мм		кг	мм			
СК-Г20-2							
СКБ-Г20-2							
СК-Г20-3							
СКБ-Г20-3							
СК-Г20-4							
СКБ-Г20-4							
СК-Г20-5							
СКБ-Г20-5							

## 7 Установленные метрологические характеристики конфигураций набора калибровочного, воспроизводящие характерные точки диапазона

Обозначение конфигурации	Состав конфигурации (з.н. эталонных мер и обозначения стандартных комплектов, входящих в состав конфигурации)	Воспроизводимые единицы величин			
		Масса, кг	Длина (координата центра масс), мм		
		М	X	Y	Z
Значения					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Погрешность измерений, ±					
		г	мм		
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Систематическая погрешность Δ <sub>c2</sub>					
		г	мм		
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Систематическая погрешность Δ <sub>c3</sub>					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Систематическая погрешность Δ <sub>c4</sub>					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					
Основная погрешность Δ <sub>г</sub>					
M <sub>min</sub>					
M <sub>max</sub>					
X <sub>min</sub>					
X <sub>max</sub>					

## 8 Результаты поверки

8.1 Внешний осмотр показал:

8.1.1 Комплектность и состав набора соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов.

8.1.2 Качество покрытий, форма, маркировка мер набора соответствует/не соответствует эксплуатационных документов.

8.1.3 На поверхности мер набора отсутствуют/присутствуют трещины, сколы, следы коррозии, забоины.

8.2 При опробовании установлено: меры набора собираются/не собираются в стандартные комплекты, указанные в эксплуатационных документах.

### 8.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

8.3.1 Набор воспроизводит единицу массу в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ кг с погрешностью не более \_\_\_\_\_ кг, что соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов на набор и описанию типа.

8.3.2 Набор воспроизводит единицу длины в области измерений вертикальной координаты центра масс в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ мм с погрешностью не более \_\_\_\_\_ мм, что соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов на набор и описанию типа.

8.3.3 Набор воспроизводит единицу длины в области измерений горизонтальных координат центра масс в диапазоне от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_ мм с погрешностью не более \_\_\_\_\_ мм, что соответствует/не соответствует требованиям эксплуатационных документов на набор и описанию типа.

Исполнители:

_____	_____	_____
(Должность)	(Подпись)	(Расшифровка подписи)
_____	_____	_____
(Должность)	(Подпись)	(Расшифровка подписи)

### **Библиография**

[1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[2] Локальная поверочная схема для средств измерений массы, координат центра масс и момента инерции, утвержденная ФАУ «ЦАГИ» 28.10.2014 (в ред. от 01.08.2022)

[3] Положение об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. N 734