

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. Петров

2026 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Стенд для измерений массы и координат центра масс
МЦ-8М2**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.046-2025

Заместитель начальника НИО-7

А.И. Самойленко

Начальник сектора

С.В. Дыцков

Инженер 1 категории

А.А. Колпаков

г. Жуковский
2026

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для стенда для измерений массы и координат центра масс МЦ-8М2 (далее – стенд), используемого в качестве рабочего средства измерений массы и координат центра масс в трехмерной ортогональной системе координат OXYZ и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

1.2 Настоящая методика поверки разработана в соответствии с требованиями Приказа № 2907 от 28.08.2020 «Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений».

1.3 Прослеживаемость стенда в соответствии с локальной поверочной схемой для средств измерений массы, координат центра масс и момента инерции, утвержденной ФГУП «ЦАГИ» 27.10.2014 г., обеспечивается к государственному первичному эталону единицы массы ГЭТ 3-2020 и государственному первичному эталону единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба ГЭТ 192-2019 методом прямых измерений. Структурная схема локальной поверочной схемы приведена в приложении А.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики стенда

Наименование характеристики	Значение	
	Платформа № 1	Платформа № 2
Диапазон измерений массы, кг	от 0,1 до 1,2	от 0,1 до 8,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений массы, кг: от 0,1 до 1,2 от 1,2 до 8,0	$\pm 0,005$ -	$\pm 0,005$ $\pm 0,012$
Диапазон измерений координат центра масс, мм: - по оси X - по оси Y - по оси Z	от 20 до 100 от -50 до 50 от -50 до 50	от 20 до 200 от -50 до 50 от -50 до 50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координат центра масс, мм: - по оси X - по оси Y - по оси Z	$\pm 1,2$ $\pm 1,0$ $\pm 1,0$	$\pm 1,2$ $\pm 1,0$ $\pm 1,0$

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Операции при поверке

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения стенда	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение отклонения расположения посадочных отверстий и отклонения от плоскостности монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2	Да	Нет	10.1
Определение диаметров гладких посадочных отверстий монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2	Да	Нет	10.2
Определение абсолютной погрешности стенда при измерении массы и координат центра масс	Да	Да	10.3
Оформление результатов поверки	Да	Да	11

2.2 Допускается проводить периодическую поверку в сокращенном объеме для части воспроизводимых величин и (или) отдельных поддиапазонах измерений. В этом случае при оформлении результатов поверки в сведениях о результатах поверки указывается наименование величин и (или) поддиапазонов измерений, для которых осуществлена поверка.

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

2.4 Допускается проводить поверку отдельных измерительных платформ стенда.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

Температура воздуха, °С от 15 до 25

Изменение температуры в течение поверки, °С не более 2

Относительная влажность воздуха, %, не более 80

Напряжение сети переменного тока, В 220 ± 22

Частота сети, Гц 50 ± 1

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

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

4.2 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.

4.3 Персонал, выполняющий поверку, должен иметь опыт поверки или калибровки аналогичных стендов, а также опыт практической работы с эталонами и средствами измерений, указанными в таблице 3.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Контроль условий поверки (подготовка к поверке и опробование)	Средства измерений температуры от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 %, с погрешностью не более 5 %	Измеритель влажности и температуры ИВТМ, рег. № 15500-12 Диапазон измерений температуры: от -20 до 60 °С, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры: $\pm 0,2$ °С, диапазон измерения влажности: от 0 до 99 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности: ± 2 %

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям		
п. 10.1 Определение отклонения расположения посадочных отверстий и отклонения от плоскостности монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2	Машины координатные измерительные, системы оптические для измерений координат и отклонения формы Диапазон измерений: от 0,1 до 350 мм, Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений: ± 30 мкм, не более	Машина координатная измерительная портативная CimCore 5100 INFINITI 2.0 Plus, исп. 5124 Plus, рег. № 42764-09, диапазон измерений длины от 0 до 2,4 м, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины $\pm 0,025$ мм
п. 10.2 Определение диаметров гладких посадочных отверстий измерительных платформ стенда		
п. 10.3 Определение абсолютной погрешности стенда при измерении массы и координат центра масс	Наборы калибровочные (эталонные меры) массы и длины в области измерений координат центра масс (рабочие эталоны по локальной поверочной схеме для средств измерений массы, координат центра масс и момента инерции, утвержденной ФГУП «ЦАГИ») Воспроизводимые параметры: Масса: 0,1 до 8,0 кг; Вертикальная координата центра масс: от 20 до 200 мм; Горизонтальные координаты центра масс: от -50 до 50 мм. Пределы допускаемой погрешности воспроизведения: – массы: $\pm 1,5$ г; – вертикальной координаты центра масс: $\pm 0,40$ мм; – горизонтальной координаты центра масс: $\pm 0,33$ мм.	Набор калибровочный мер массы, длины в области измерений координат центра масс и момента инерции НКМ-50, рег. № 81928-21, диапазон воспроизведения массы от 1 до 57 кг, абсолютная погрешность $\pm 5 \cdot 10^{-2}$, где m – воспроизводимая масса, кг; диапазон воспроизведения координат центра масс от 13 до 300 мм, абсолютная погрешность $\pm 0,3$ мм; Гири от 1 мг до 1 кг класса точности E2, рег. № 52768-13, номинальные значения массы от 1 мг до 1 кг, допускаемые отклонения массы от $\pm 0,006$ до $\pm 1,6$ мг
Примечание – Допускается использовать при поверке другие аттестованные эталоны единиц величин и средства поверки, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. Соотношение между погрешностями эталона и поверяемого стенда должно быть не более 1:3.		

5.2 Применяемые средства поверки должны быть утвержденного типа и поверены в соответствии с требованиями приказа Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020, иметь действующую запись о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

5.3 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в соответствии с обязательными нормативными требованиями, предъявленными к эталонам единиц величин, действующими на момент проведения поверки стенда.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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

- эксплуатационные документы стенда и используемых средств поверки;
- инструкции по охране труда при эксплуатации персонального компьютера и другого оборудования вычислительной техники;
- инструкции по охране труда для слесарей-сборщиков изделий;
- инструкции для стропальщиков по безопасному производству работ грузоподъемными устройствами.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие следующим требованиям:

- внешний вид и маркировка стенда должны соответствовать изображению, приведенному в описании типа.
- комплектность и состав стенда должны соответствовать формуляру;
- визуальный осмотр с целью выявления механических повреждений взвешивающей системы стенда и отсутствия физического обрыва проводов;
- наличие и целостность пломб.

7.2 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются все вышеуказанные требования. Если перечисленные требования не выполняются дальнейшие операции поверки не проводятся.

8 Подготовка к поверке и опробование

8.1 Перед проведением поверки стенда набор калибровочный (эталонные меры) выдерживают в помещении, где будет проводиться поверка, не менее 12 часов.

8.2 Подготавливают стенд к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

8.3 Проверяют наличие действующей поверки (аттестации) у средств поверки.

8.4 Проводят контроль условий поверки измерителем температуры и влажности. Условия поверки не должны превышать указанных в разделе 3 значений.

8.5 Опробование

8.5.1 При опробовании проверяют системы включения и выключения стенда, возможность задания режимов работы стенда и индикации показаний встроенных средств измерений стенда параметров в реальном времени, а именно:

- включить внешний автоматический выключатель подачи электропитания стенда: должна загореться зеленым светом лампа индикации HL1 шкафа измерительно-вычислительного комплекса (ИВК);

- после нажатия на двери шкафа ИВК кнопки «ВКЛ.» должна загореться зеленым светом лампа индикации HL2;

- проверка однозначности монтажа и отсутствия люфта установки соответствующей кубической рамы на монтажное основание каждой измерительной платформы в исходном и повернутом на 90 градусов положении.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО):

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО.

Для проверки идентификационных данных ПО необходимо правой кнопкой мыши щелкнуть по файлу «ARM.exe» и «EXP.exe». Перейдя по строке «Свойства», выбрать вкладку «Подробно». Информация о идентификационном наименовании и номере версии ПО будут в строках «Название продукта» и «Версия файла».

9.2 Результаты проверки считают положительными, если идентификационные данные соответствуют, указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Tenzor-8M2
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже v.1.0.x
Примечание – «х» может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО	

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение отклонения расположения посадочных отверстий и отклонения от плоскостности монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2

10.1.1 Определение координат расположения посадочных отверстий и отклонения от плоскостности монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2 проводят при помощи машины координатной измерительной. Измерению подлежат 1 центральное отверстие и 16 гладких отверстий, находящихся на радиусах 25 и 50 мм, каждой кубической рамы.

10.1.2 Схемы расположения посадочных отверстий на монтажных основаниях кубических рам № 1 и 2 стенда приведены на рисунках 1 и 2 соответственно.

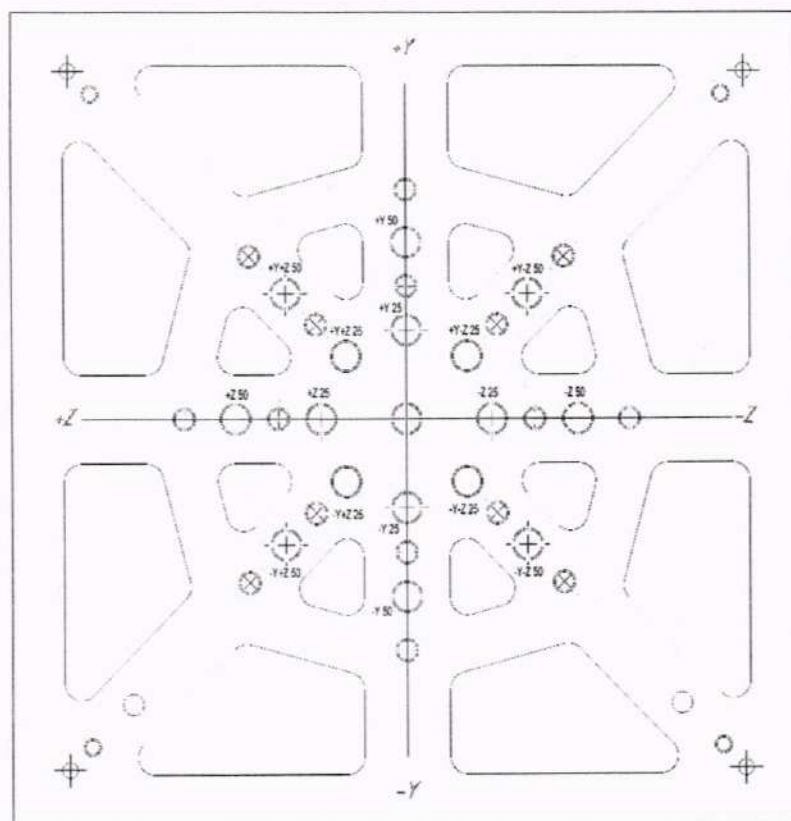


Рисунок 1 – Схема расположения посадочных отверстий монтажного основания кубической рамы № 1

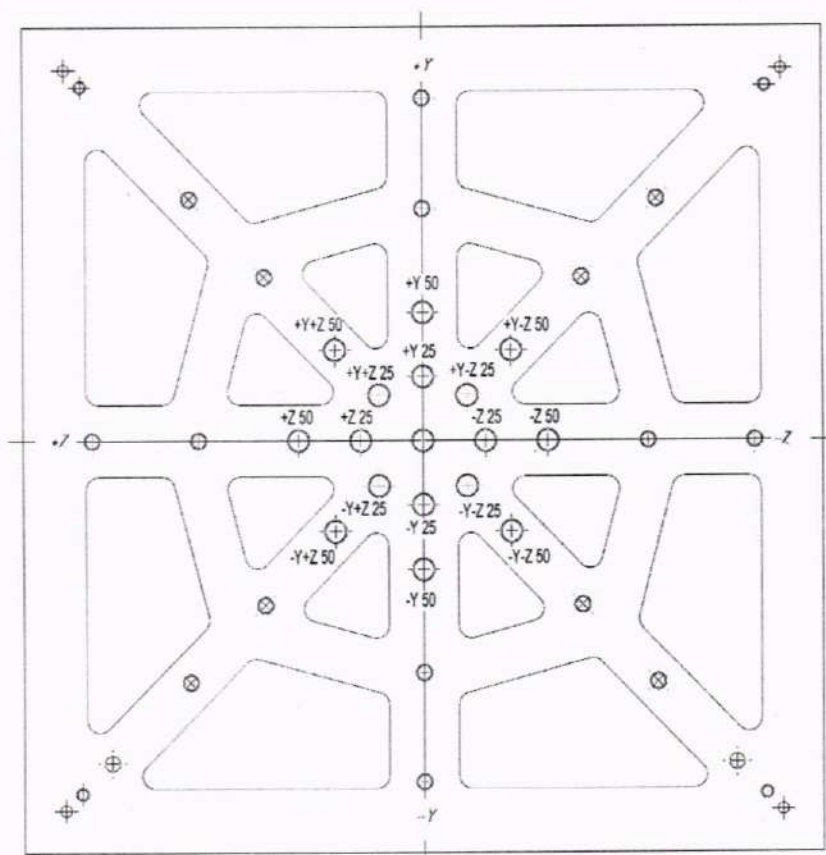


Рисунок 2 – Схема расположения посадочных отверстий монтажного основания кубической рамы № 2

Таблица 5 – Номинальные значения диаметров и координаты расположения посадочных отверстий монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2

Номинальный радиус, на котором расположены центра отверстий, мм	Обозначение отверстия	Номинальный диаметр отверстия, мм	Номинальные координаты отверстия, мм	
			Y	Z
25	C	8,00	0,00	0,00
	+Y 25	8,00	25,00	0,00
	+Y-Z 25	8,00	17,68	17,68
	-Z 25	8,00	0,00	25,00
	-Z-Y 25	8,00	-17,68	17,68
	-Y 25	8,00	-25,00	0,00
	-Y+Z 25	8,00	-17,68	-17,68
	+Z 25	8,00	0,00	-25,00
	+Z+Y 25	8,00	17,68	-17,68
50	C	8,00	0,00	0,00
	+Y 50	8,00	50,00	0,00
	+Y-Z 50	8,00	35,36	35,36
	-Z 50	8,00	0,00	50,00
	-Z-Y 50	8,00	-35,36	35,36
	-Y 50	8,00	-50,00	0,00
	-Y+Z 50	8,00	-35,36	-35,36
	+Z 50	8,00	0,00	-50,00
	+Z+Y 50	8,00	35,36	-35,36

10.1.3 За начало координат принимается центр окружности, построенной по центрам отверстий +Y 50, +Y-Z 50, -Z 50, -Z-Y 50, -Y 50, -Y+Z 50, +Z 50, +Z+Y 50, находящихся на радиусе 50 мм (рисунок 1, 2) монтажного основания каждой кубической рамы. Ось OZ проходит через центр отверстия +Z 50 и начало координат стенда (положительное направление в сторону отверстия +Z 50). Ось OY направлена перпендикулярно оси OZ в горизонтальной плоскости (положительное направление, как показано на рисунке 1).

10.1.4 При измерении отклонения от плоскостности верхней поверхности монтажных оснований кубических рам № 1 и 2 стенда количество измерительных точек должно быть не менее 90. Максимальным значением отклонения от плоскостности монтажного основания стенда принимается максимальное по модулю значение отклонения измеренного значения отклонения от плоскостности.

10.1.5 Результаты измерений регистрируют в протоколе поверки.

10.2 *Определение диаметров гладких посадочных отверстий монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2*

10.2.1 Определяют диаметры гладких посадочных отверстий монтажных оснований кубических рам № 1 и 2. Измерения проводят методом прямых измерений при помощи машины координатной измерительной. Измерению подлежит 1

центральное отверстие и 16 гладких отверстий, находящихся на радиусах 25 и 50 мм, монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2 соответственно.

10.2.2 Результаты измерений регистрируют в протоколе поверки.

10.3 Определение абсолютной погрешности стенда при измерении массы и координат центра масс

10.3.1 Проводят ступенчатое нагружение стенда при помощи набора калибровочного (эталонных мер) массы и длины в области измерений координат центра масс, и гирь (при необходимости) с регистрацией измеренных стендом значений массы и координат центра масс.

10.3.2 Определение погрешности стенда при измерении массы и координат центра масс стенда проводится в следующих контрольных точках:

- не менее 5-ти точек по массе, по возможности, равномерно расположенных во всем диапазоне измерений, включая области нижнего и верхнего пределов измерений, при этом каждый поддиапазон должен содержать не менее трех точек. Допустимое отклонение от пределов (границ поддиапазонов) измерений не более 0,05 кг;

- не менее 5-ти точек по вертикальной координате центра масс, по возможности, равномерно расположенных во всем диапазоне измерений, включая области в районе верхнего и нижнего пределов измерений массы, при этом каждый поддиапазон должен содержать не менее двух точек. Допустимое отклонение от пределов измерений не более 10 мм;

- не менее 3-х точек для каждой полуоси по горизонтальным координатам центра масс Y и Z, по возможности, равномерно расположенных во всем диапазоне измерений, включая области координат центра масс объектов в районе верхнего и нижнего пределов измерений массы, при этом каждый поддиапазон должен содержать не менее двух точек с объектами разной массы. Допустимое отклонение от пределов измерений не более 5 мм.

10.3.3. Воспроизведенные набором калибровочным (эталонными мерами) и гирями (при необходимости) значения приводят в протоколе поверки.

10.3.3 Допускается совмещать измерения нескольких величин.

10.3.4 Установку набора (эталонных мер) и работу на стенде выполняют в соответствии с руководством по эксплуатации на стенд.

10.3.5 Рассчитывают погрешность измерений массы на стенде $\Delta_{(M)}$, кг, по формуле:

$$\Delta_{(M)} = M - M_0 \quad (1)$$

где M – показания стенда, кг;

M_0 – действительное значение массы, воспроизводимой с помощью эталона, кг

10.3.6 Рассчитывают погрешность измерений координат центра масс на стенде $\Delta_{(X)}$, $\Delta_{(Y)}$, $\Delta_{(Z)}$ мм, по формулам:

$$\Delta_{(X)} = X - X_0 \quad (2)$$

$$\Delta_{(Y)} = Y - Y_0 \quad (3)$$

$$\Delta_{(Z)} = Z - Z_0 \quad (4)$$

где X , Y , Z – показания стенда, мм;

X_0 , Y_0 , Z_0 – действительные значения координат центра масс, воспроизводимой с помощью эталона, мм

10.3.7 Результаты вычислений массы и координат центра масс для каждой ступени нагружения заносят в протокол поверки.

10.4 Результаты поверки считаются положительными, если геометрические размеры не выходят за установленные пределы, указанные в описании типа:

- отклонения координат расположения посадочных отверстий на монтажных основаниях кубических рам № 1 и № 2 не выходят за пределы $\pm 0,2$ мм;
- отклонения от плоскостности монтажных оснований кубических рам № 1 и № 2 не выходят за пределы $\pm 0,2$ мм;
- диаметры гладких посадочных отверстий находятся в диапазоне от 8,013 до 8,028 мм;
- для каждой измеряемой величины A (масса M , координаты центра масс X , Y , Z) выполняются следующие условия:

$$|\Delta_{(M)}| \leq |\Delta_{(M)}^{\text{уст}}| \quad (5)$$

$$|\Delta_{(X)}| \leq |\Delta_{(X)}^{\text{уст}}| \quad (6)$$

$$|\Delta_{(Y)}| \leq |\Delta_{(Y)}^{\text{уст}}| \quad (7)$$

$$|\Delta_{(Z)}| \leq |\Delta_{(Z)}^{\text{уст}}| \quad (8)$$

где $\Delta_{(M)}$, $\Delta_{(X)}$, $\Delta_{(Y)}$, $\Delta_{(Z)}$ – погрешность измерений соответствующей величины стендом (п. 10.3.5, 10.3.6);

$\Delta_{(M)}^{\text{уст}}$, $\Delta_{(X)}^{\text{уст}}$, $\Delta_{(Y)}^{\text{уст}}$, $\Delta_{(Z)}^{\text{уст}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения соответствующих величин, указанные в таблице 1.

Приложение А (рекомендуемое)

Схема передачи единиц массы и длины в области измерений координат центра масс с помощью набора калибровочного мер массы, длины в области измерений координат центра масс и момента инерции

