

АТТЕСТАЦИЯ ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ МАССЫ, ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС И ЕДИНИЦЫ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВО-ИНЕРЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Довыденко О.В., к.т.н. Петровеич В.В., Самойленко А.И.
ФГУП «ЦАИ имени профессора Н.Е. Жуковского», Жуковского ул., д. 1,
г. Жуковский, Московская область, 140180, РФ

Резюме: В докладе рассмотрены вопросы аттестации специального эталона, предназначенного для испытаний в целях утверждения типа, поверки и калибровки средств измерений массы, координат центра масс и моментов инерции летательных аппаратов. В рамках аттестации данного эталона разработана локальная поверочная схема для средств измерений массово-инерционных характеристик изделий, методика калибровки эталона, паспорт, правила содержания и применения эталона. Методика косвенных измерений, с помощью которых передаются единицы величин к эталону, аттестована. Проведена калибровка и аттестация эталона.

Ключевые слова: Координаты центра масс, момент инерции, масса, эталон, испытания, калибровка, поверка, аттестация.

1. Специальный эталон единицы массы, единицы длины в области измерений координат центра масс и единицы момента инерции

Одним из инновационных направлений деятельности прибористов ФГУП «ЦАГИ» в последнее десятилетие стала разработка стендов для измерения массы, координат центра масс и моментов инерции элементов динамически подобных моделей и изделий ракетно-космической техники [1]. Ряд стендов, созданных по таким проектам, установлен на промышленных предприятиях России и успешно функционирует в качестве испытательного оборудования.

Метрологическое обеспечение уже функционирующих, а также вновь создаваемых стендов требует повышения метрологической надежности. С этой целью был выполнен комплекс работ по разработке, изготовлению, испытаниям и калибровке специального эталона единицы массы, единицы длины в области измерений координат центра масс и единицы момента инерции – набор калибровочный мер массы, длины в области измерений координат центра масс и момента инерции (фиг. 1).

Данный эталон служит прежде всего для испытаний в целях утверждения типа, поверки и калибровки стендов и позволяет воспроизводить дискретные ряды единиц соответствующих вели-



Фиг. 1 - Специальный эталон единицы массы, единицы длины в области измерений координат центра масс и единицы момента инерции

чин. В соответствии с Федеральным законом [2] и постановлением Правительства РФ [3] эталон подлежит аттестации и регистрации в органах Росстандарта. С целью аттестации эталона был

проведен ряд метрологических работ, направленных на подтверждение его соответствия нормативным требованиям.

В работе [4] были подробно рассмотрены технические требования, предъявляемые к эталону, проверка соответствия которым производится при его аттестации. К таким требованиям в первую очередь относятся метрологические характеристики эталона (диапазон и погрешность воспроизведения единиц эталоном), стабильность воспроизведения единиц и удобство его использования.

Данный эталон является новой разработкой, поэтому для его аттестации необходимо учесть ряд особенностей и разработать:

- локальную поверочную схему;
- методику калибровки эталона;
- аттестованный метод косвенных измерений, с помощью которого передаются единицы величин к эталону.

В рамках данной работы подготовлены также эксплуатационные документы, паспорт, правила содержания и применения эталона, полученный сертификат о калибровке и свидетельство о первичной аттестации эталона.

2. Локальная поверочная схема для средств измерений массово-инерционных характеристик изделий

Для аттестации эталона и последующих испытаний в целях утверждения типа рабочих средств измерений массово-инерционных характеристик изделий была разработана рекомендация, распространяющаяся на локальную поверочную схему для средств измерений массы в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^3$ кг, координат центра масс в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^3$ мм и момента инерции в диапазоне от 10^{-1} до $6 \cdot 10^2$ кг \cdot м². Разработанная рекомендация устанавливает порядок передачи размеров единиц массы, длины в области измерений координат центра масс и момента инерции от вторичных эталонов единиц массы - килограмма (кг) и длины – метра (м) с помощью специального эталона единицы массы - килограмма (кг), единицы длины в области измерений координат центра масс – метра (м) и единицы момента инерции – килограмм-метра квадратного (кг \cdot м²) с указанием погрешностей и основных методов поверки.

В качестве эталонов верхнего уровня, заимствованных из государственных поверочных схем, используют гири 2 разряда по ГОСТ 8.021-

2005 [5] номинальными значениями массы от 10^{-3} до 20 кг и 500 кг, соответствующие классу точности F1 по ГОСТ OIML R 111-1-2009 [6], и плоскопараллельные концевые меры длины 2 разряда по МИ 2060-90 (часть 3) [7] номинальными значениями длины от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ мм и доверительной погрешностью при доверительной вероятности $0,99 \delta = (0,05 + 0,5L)$ мкм.

Эталоны массы, заимствованные из государственной поверочной схемы, применяют для передачи размера единицы рабочим эталонам 3 разряда сличением с помощью компаратора. СКО компараторов массы, применяемых при сличении, не должно превышать $1/9$ пределов допускаемых отклонений действительного значения массы гири от номинального значения для гирь класса точности F2.

Эталоны длины, заимствованные из государственной поверочной схемы, применяют для передачи размера единицы рабочим эталонам 3 разряда методом прямых измерений.

В качестве рабочих эталонов 3 разряда используют гири номинальными значениями массы от 10^{-3} до 20 кг и 500 кг, соответствующие классу точности F₂, и машины трехкоординатные измерительные с диапазоном измерений длины от 0 до 3000 мм и погрешностью при доверительной вероятности $0,95 \delta = (2 \dots 10)$ мкм.

Рабочие эталоны 3 разряда применяют для передачи размера единицы массы, единицы длины в области измерений координат центра масс и единицы момента инерции рабочим эталонам 4 разряда методом косвенных измерений.

Единицу массы от рабочих эталонов 3 разряда к рабочему эталону 4 разряда передают сличением с помощью компаратора. СКО компараторов массы, применяемых для передачи единицы рабочим эталонам 4 разряда, не должно превышать $1/9$ пределов допускаемых отклонений действительного значения массы гири от номинального значения для гирь класса точности M₂.

Единицу длины от рабочих эталонов 3 разряда к рабочему эталону 4 разряда передают методом прямых измерений геометрических параметров мер, из которых состоит рабочий эталон 4 разряда.

Единицу длины в области измерений координат центра масс и единицу момента инерции от рабочих эталонов 3 разряда к рабочему эталону 4 разряда, передают методом косвенных измерений, более подробно рассмотренном в разделе 4 настоящей статьи.

В качестве рабочих эталонов 4 разряда ис-

пользуют наборы калибровочные мер массы, длины в области измерений координат центра масс и моментов инерции с диапазонами воспроизведения массы от 10 до $5 \cdot 10^3$ кг, длины в области измерений координат центра масс в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^3$ мм и момента инерции в диапазоне от 10^{-1} до $6 \cdot 10^2$ кг·м². Погрешность при доверительной вероятности 0,95, с которой рабочий эталон 4 разряда передает единицы величин, оценивают в соответствии с МИ 2083-90 [8] в рамках аттестации методики косвенных измерений (см. раздел 4).

Рабочие эталоны 4 разряда применяют для передачи размера единиц рабочим средствам измерений массы, координат центра масс и момента инерции методом прямых измерений. Соотношение пределов допускаемых значений доверительных границ абсолютной погрешности рабочих эталонов 4-го разряда и пределов допускаемой абсолютной погрешности рабочих средств измерений должно быть не более 1/3.

В качестве рабочих средств измерений используют стенды для измерений массы, координат центра масс и моментов инерции с диапазонами измерения массы от 10 до $5 \cdot 10^3$ кг, координат центра масс от 10 до $5 \cdot 10^3$ мм и момента инерции от 10^{-1} до $6 \cdot 10^2$ кг·м². Пределы допускаемой абсолютной погрешности рабочих средств измерений составляют: при измерении массы $\Delta = (0,5 \dots 3,0)$ кг; при измерении координат центра масс $\Delta = (0,5 \dots 3,0)$ мм. Предел допускаемой приведенной погрешности рабочих средств измерений при измерении момента инерции составляет $\gamma = 1$ % (нормирующее значение – диапазон измерений).

3. Методика калибровки эталона

Рассматриваемый в статье инновационный подход к метрологическому обеспечению устройств для определения массово-инерционных характеристик изделий привел также к необходимости разработки методики калибровки эталона.

Основные средства калибровки выбраны в соответствии с локальной поверочной схемой. В качестве эталонов массы применяют гири 20 кг и наборы гирь от 1 до 500 г класса точности F₂, сличение производят при помощи компараторов массы диапазоном сличаемых масс от 1 г до 87 кг и СКО не более 1/9 допускаемого отклонения для гирь класса точности M₁. В качестве эталона длины выбрана машина трехкоординатная измерительная G90C/CS15.15.

Процедура подготовки к калибровке пред-

усматривает внешний осмотр набора, очистку поверхности мер набора от пыли и грязи с последующей просушкой, проверку собираемости мер набора в конфигурации, предусмотренные эксплуатационными документами набора, выдержку набора в помещении и рядом с компаратором массы.

Непосредственно калибровка включает следующие операции:

- прямые измерения действительного значения массы каждой меры набора методом сличения с помощью гирь класса точности F₂ и компаратора массы в соответствии с Приложением С ГОСТ OIML R 111-1-2009 [6], используя методы измерений АВВА или АВА и число циклов измерений $n \geq 1$;
- прямые измерения геометрических параметров мер (линейные размеры, отклонения от плоскостности, отклонения от соосности, отклонения профиля продольного сечения боковых цилиндрических поверхностей) с помощью машины трехкоординатной измерительной, количество измерительных точек для определения отклонения от плоскостности – не менее 90, для определения остальных параметров – не менее 30;
- измерительный контроль геометрических размеров мер, являющихся крепежными элементами, с помощью штангенциркуля.

Обработка результатов измерений производится в соответствии с аттестованной методикой, основные принципы которой изложены в разделе 4.

4. Метод косвенных измерений, с помощью которого передаются единицы величин к эталону

Метод косвенных измерений, которым передают единицы величин от эталонов массы и длины, изложен в методике калибровки и аттестован. Единицу длины в области измерений координат центра масс и единицу момента инерции от рабочих эталонов 3 разряда к каждой мере рабочего эталона 4 разряда, все элементы которой имеют цилиндрическую форму, передают используя соотношения (1) – (4):

$$X = \frac{\sum_{i=1}^l d_i^2 \cdot h_i \cdot x_i - \sum_{j=1}^k D_j^2 \cdot H_j \cdot X_j}{\sum_{i=1}^l d_i^2 \cdot h_i - \sum_{j=1}^k D_j^2 \cdot H_j} \quad (1)$$

$$I_x = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot h_i \cdot \rho \cdot \left(\frac{d_i^2}{8} + h_i^2 \right) \right) - \sum_{j=1}^k \left(\frac{\pi}{4} \cdot D_j^2 \cdot H_j \cdot \rho \cdot \left(\frac{D_j^2}{8} + H_j^2 \right) \right) \quad (2)$$

$$I_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot h_i \cdot \rho \cdot \left(\frac{d_i^2}{16} + \frac{h_i^2}{12} + h_{xi}^2 \right) \right) - \sum_{j=1}^k \left(\frac{\pi}{4} \cdot D_j^2 \cdot H_j \cdot \rho \cdot \left(\frac{D_j^2}{16} + \frac{H_j^2}{12} + H_{yj}^2 \right) \right) \quad (3)$$

$$I_z = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot h_i \cdot \rho \cdot \left(\frac{d_i^2}{16} + \frac{h_i^2}{12} + h_{zi}^2 \right) \right) - \sum_{j=1}^k \left(\frac{\pi}{4} \cdot D_j^2 \cdot H_j \cdot \rho \cdot \left(\frac{D_j^2}{16} + \frac{H_j^2}{12} + H_{zj}^2 \right) \right) \quad (4)$$

где X, I_x, I_y, I_z – координата центра масс в системе координат меры $OXYZ$ и моменты инерции меры относительно центральных осей меры $O'X', O'Y'$ и $O'Z'$ соответственно, кг м²;

d_i и D_j – наружные и внутренние диаметры цилиндрических поверхностей (диаметры валов и отверстий) соответственно, из которых состоит мера;

h_i и H_j – высота наружных и внутренних цилиндрических поверхностей (валов и отверстий) соответственно, из которых состоит мера;

x_i и X_j – координаты X центров масс валов и отверстий соответственно, из которых состоит мера;

l и k – количество валов и отверстий соответственно, из которых состоит мера;

ρ – плотность меры;

h_x, h_y, h_z и H_x, H_y, H_z – расстояния между центральными осями элемента (вала и отверстия) соответственно) и центральными осями меры.

Значения единиц величин, полученные при сборке мер рабочего эталона 4 разряда в различные конфигурации, рассчитывают, используя соотношения (5) – (11):

$$M = \sum_{i=1}^n M_i, \quad (5)$$

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (6)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (7)$$

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (8)$$

$$I_x = \sum_{i=1}^n I_{xi} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot \left[(y_i - Y)^2 + (z_i - Z)^2 \right], \quad (9)$$

$$I_y = \sum_{i=1}^n I_{yi} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot \left[(x_i - X)^2 + (z_i - Z)^2 \right], \quad (10)$$

$$I_z = \sum_{i=1}^n I_{zi} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot \left[(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2 \right], \quad (11)$$

где $M, X, Y, Z, I_x, I_y, I_z$ – масса, координаты центра масс по осям OX, OY, OZ и моменты инерции относительно центральных осей $O'X', O'Y'$ и $O'Z'$ собранной конфигурации соответственно;

M_i – масса каждой меры, из которых собрана конфигурация;

x_i, y_i, z_i – координаты центра масс каждой меры, из которых собрана конфигурация, в системе координат рабочего средства измерений, к которому передают единицы;

I_{xi}, I_{yi}, I_{zi} – моменты инерции каждой меры, из которых собрана конфигурация, относительно ее центральных осей.

При аттестации методики косвенных измерений были проанализированы полученные математические модели измерений и выявлены следующие источники возникновения погрешности воспроизведения единиц величин эталоном:

- погрешность передачи единиц величин от эталонов массы и длины;
- методическая погрешность, вызванная допущениями представления модели эталона в качестве тела, состоящего из элементов, имеющих абсолютно правильную форму;
- методическая погрешность, вызванная предположением об однородности материала эталона.

Первые две составляющие погрешности были оценены аналитическим способом, результаты оценивания подробно рассматривались в работах [9] и [10].

С целью оценивания вклада третьей составляющей в общую погрешность измерений были проведены испытания, суть которых заключалась в балансировке эталона на ножевых опорах с применением уравновешивающего груза известной массы, установленного на определенном (измеренном) расстоянии от штифтов, на которых базировался эталон (фиг. 2). Результаты испытаний показали хорошую сходимость метода балансировки с методом, применяемым в методике.

Полученные в ходе аттестации методики измерений оценки суммарной погрешности калибровки указаны в табл. 1.

5. Результаты калибровки эталона

Проведенные по разработанной методике измерения показали, что эталон воспроизводит заданные единицы величин с требуемой точностью, соответствующей 4 разряду локальной

Таблица 1. Результаты калибровки эталона

Наименование единицы	Диапазон значений	Границы допустимой погрешности воспроизведения единиц эталоном $\Delta_{\text{доп}} (\delta_{\text{доп}})$	Границы погрешности измерений при калибровке $\Delta_{\text{изм}} (\delta_{\text{изм}})$	Значение коэффициента запаса точности $K_T = \Delta_{\text{доп}}/\Delta_{\text{изм}}$ ($K_T = \delta_{\text{доп}}/\delta_{\text{изм}}$)
Масса	От 24 до 200 кг	$\pm 0,1$ кг	$\pm 0,01$ кг	10
	Св. 200 до 500 кг	$\pm 0,2$ кг	$\pm 0,02$ кг	10
	Св. 500 до 1193 кг	$\pm 0,5$ кг	$\pm 0,05$ кг	10
Длина (координата центра масс по вертикальной оси OX)	От 37 до 600 мм	$\pm 0,2$ мм	$\pm 0,02$ мм	10
	Св. 600 до 900 мм	$\pm 0,3$ мм	$\pm 0,03$ мм	10
	Св. 900 до 1232 мм	$\pm 0,5$ мм	$\pm 0,05$ мм	10
Длина (координата центра масс по горизонтальным осям OY и OZ)	± 500 мм	$\pm 0,3$ мм	$\pm 0,02$ мм	15
Момент инерции относительно центральной вертикальной оси O'X'	от 0,2 до 156,4 кг·м ²	$\pm 0,3$ %	$\pm 0,05$ %	6
Момент инерции относительно центральных горизонтальных осей O'Y' и O'Z'	от 0,1 до 552,8 кг·м ²	$\pm 0,3$ %	$\pm 0,05$ %	6

поверочной схемы. Диапазоны и погрешности воспроизведения, установленные при первичной калибровке эталона, приведены в табл. 1.

Таким образом, проведенная работа по аттестации специального эталона единицы массы, единицы длины в области измерений координат центра масс и единицы момента инерции, позволила подтвердить его соответствие 4 разряду локальной поверочной схемы и осуществить испытания с целью утверждения типа, поверку или калибровку уже функционирующих стенов.

6. Литература

[1] В.В.Богданов и др. Патент № 2368880 от 29.05.2008 г. «Стенд для измерения массы, координат центра масс и тензора инерции изделия»

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

[3] Постановление правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. N 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»

[4] О. Довыденко, В. Петроневич, А. Самойленко. Разработка специального эталона массы, координат центра масс и момента инерции для испытаний с целью утверждения типа средств измерений массово-инерционных характеристик изделий // 24th National scientific symposium with



Фиг. 2 – Балансировка эталона на ножевых опорах

international participation Metrology and metrology assurance 2014. Proceedings of the symposium. – 2014. – С. 175-179

[5] ГОСТ 8.021-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений массы

[6] ГОСТ OIML R 111-1-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ и M₃. Часть 1. Метрологические и технические требования

[7] МИ 2060-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная

поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \cdot 10^{-6}$ – 50 м и длин волн в диапазоне 0,2 – 50 мкм

[8] МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

[9] **О.В. Довыденко**. Расчет на точность методики измерений массы, центра масс и моментов инерции контрольного приспособления для агрегации испытательного стенда // Сборник трудов пятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». – 2013. – С. 57-58.

[10] **О.В. Довыденко**. Выбор допусков формы поверхностей с учетом их влияния на погрешность измерений координат центра масс и моментов инерции контрольного приспособления

модульного типа // Сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции «Измерения в современном мире-2013». – 2013. – С.19-21

Сведения об авторах

Довыденко Ольга Владимировна. МГТУ им. Н.Э. Баумана (2006), МАИ (2014). Отделение измерительной техники и метрологии ФГУП «ЦАГИ».

Петроневи́ч Василий Васильевич. МИФИ (1975). Кандидат технических наук. Отделение измерительной техники и метрологии ФГУП «ЦАГИ».

Самойленко Александр Иванович. МАИ (1976). Отделение измерительной техники и метрологии ФГУП «ЦАГИ».

VALIDATION OF A MEASUREMENT STANDARD OF MASS UNIT, LENGTH UNIT AREAS OF CENTER OF GRAVITY COORDINATES MEASUREMENTS AND INERTIA MOMENT UNIT FOR CALIBRATION OF MEASURING INSTRUMENTS OF MASS AND INERTIAL CHARACTERISTICS OF SPACE-ROCKET BRANCH PRODUCTS

O. Dovydenko., ph. d. V. Petronevich, A. Samoylenko

CAI N.E. Zhukovsky, 1 Zhukovsky Street, TsAGI, Zhukovsky, Moscow Region, 140180, Russian Federation

Abstract: - In the report questions of validation of the special standard intended for tests for the statement of type, verification and calibration of measuring instruments of weight, coordinates of the center of gravity and the moments of inertia of aircraft are considered. Within validation of this standard the local hierarchy scheme is developed for measuring instruments of mass and inertial characteristics of products, a measurement standard calibration procedure, passport, rules of the contents and application. The measurement procedure through which units of sizes to a standard are transmitted, is certified. Calibration and validation of a standard is carried out.

Key-words: - Center of gravity coordinates, inertia moment, weight, measurement standard, testing, calibration, verification, validation.

References

[1] **V.V. Bogdanov i dr.** Patent № 2368880 от 29.05.2008 г. «Stend dlya izmereniya massy, koordinat tsentra mass i tenzora inertsii izdeliya»

[2] Federal'nyy zakon ot 26 iyunya 2008 g. № 102-FZ «Ob obespechenii yedinstva izmereniy»

[3] Postanovleniye pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 23 sentyabrya 2010 g. N 734 «Ob etalonakh yedinit's velichin, ispol'zuyemykh v sfere gosudarstvennogo regulirovaniya obespecheniya

yedinstva izmereniy»

[4] **O. Dovydenko, V. Petronevich, A. Samoylenko**. Razrabotka spetsial'nogo etalona massy, koordinat tsentra mass i momenta inertsii dlya ispytaniy s tsel'yu utverzhdeniya tipa sredstv izmereniy massovo-inertsionnykh kharakteristik izdeliy // 24th National scientific symposium with international participation Metrology and metrology assurance 2014. Proceedings of the symposium. –

2014. – S. 175-179

[5] GOST 8.021-2005 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya yedinstva izmereniy. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniy massy

[6] GOST OIML R 111-1-2009 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya yedinstva izmereniy. Giri klassov E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , $M_{1,2}$, M_2 , $M_{2,3}$ i M_3 . Chast' 1. Metrologicheskiye i tekhnicheskiye trebovaniya

[7] MI 2060-90 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya yedinstva izmereniy. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniy dliny v diapazone $1 \cdot 10^{-6}$ – 50 м i dlin voln v diapazone 0,2 – 50 mkm

[8] MI 2083-90 GSI. Izmereniya kosvennyye. Opredeleniye rezul'tatov izmereniy i otsenivaniye

ikh pogreshnostey.

[9] **O.V. Dovydenko**. Raschet na tochnost' metodiki izmereniy massy, tsentra mass i momentov inertsiy kontrol'nogo prisposobleniya dlya attestatsii ispytatel'nogo stenda. Sbornik trudov pyatoy Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Budushcheye mashinostroyeniya Rossii», (Moskva. 26-29 Sentyabrya 2012), MGTU im. N.E. Baumana, Rossiya 2012, s. 57-58.

[10] **O.V. Dovydenko**. Vybory dopuskov formy poverkhnostey s uchedom ikh vliyaniya na pogreshnost' izmereniy koordinat tsentra mass i momentov inertsiy kontrol'nogo prisposobleniya modul'nogo tipa // Sbornik nauchnykh trudov 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Izmereniya v sovremennom mire-2013». – 2013. – S.19-21

АТЕСТАЦИЯ НА ЕТАЛОНА ЗА ЕДИНИЦАТА НА МАСА, ЕДИНИЦАТА НА ДЪЛЖИНА В ОБЛАСТТА НА ИЗМЕРВАНИЯТА НА КООРДИНАТИ НА ЦЕНТЪРА НА МАСИТЕ И НА ЕДИНИЦАТА НА ИНЕРЦИОННИЯ МОМЕНТ ЗА КАЛИБРИРАНЕ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ УРЕДИ НА МАСОВИ-ИНЕРЦИОННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ИЗДЕЛИЯТА ОТ РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Довыденко О.В., к.т.н. Петровеич В.В., Самойленко А.И.

ФГУП «ЦАИ професор Н.Е. Жуковского»

Жуковского ул. Д. 1 г. Жуковский Московская област 140180 РФ

Резюме: В доклада са разгледани въпроси за атестация на специален еталон, предназначен за изпитване с цел одобряване на типа, проверка и калибриране на измервателни средства на маса, координати на центъра на маси и инерционни моменти на летателни средства. В рамките на атестацията на дадения еталон е разработена местната проверочна схема за измервателни средства на масови инерционни характеристики на изделия, методика за калибриране на еталона, паспорт, правила за съхранение и използване на еталона. Методиката за косвени измервания, чрез които се предават единиците на величината към еталона е атестирана. Извършено е калибриране и атестация на еталона.

Ключови думи: координати на центъра на масите, инерционен момент, маса, еталон, изпитване, калибриране, проверка, атестация.