



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2010126861/28, 30.06.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.06.2010

(45) Опубликовано: 20.03.2012 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: Матвеев Е.В., Крылов В.В., Кочкин Е.В.

Оборудование для определения  
характеристик геометрии масс и массы  
космических летательных аппаратов //

Научно-технические достижения:

Межотраслевой научно-технический  
сборник, 1992, №5, с.42-43, рис.2. SU 1046633  
A1, 07.10.1983. Левит М.Е., Рыженков В.М.  
Балансировка деталей и узлов. - М.:  
Машиностроение, 1986, с.68.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им.  
академ. Е.И. Забабахина", отдел  
интеллектуальной собственности, Г.В.  
Бакалову

(72) Автор(ы):

**Ключников Александр Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное унитарное  
предприятие "РОССИЙСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР -  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)**

**(54) СПОСОБ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССО-ЦЕНТРОВОЧНЫХ И МАССО-ИНЕРЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ТВЕРДОГО ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ**

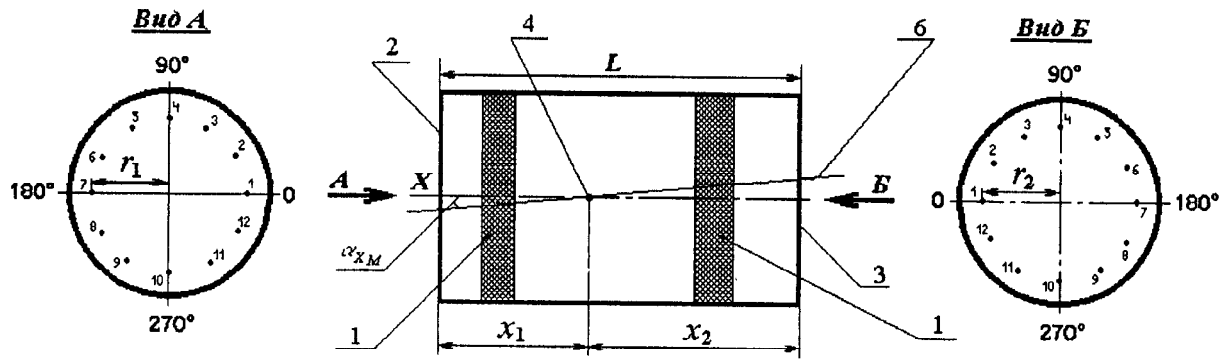
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной  
технике и предназначено для использования  
при контроле качества функционирования  
стенда, используемого для определения массо-  
центровочных и массо-инерционных  
характеристик изделий машиностроения  
роторного типа, в том числе сложных  
«длинных» осесимметричных роторов,  
имеющих в своем составе рамы, отсеки,  
аппаратуру. Способ осуществляют с  
использованием образцовой меры моментов  
инерции, выполненной в виде цилиндра или  
усеченного конуса и представляющей собой

габаритно-массовый макет изделия, и набора  
контрольных грузов известной массы. В  
процессе контроля замеряют номинальные и  
смоделированные (заданные) контрольными  
грузами массо-центровочные и массо-  
инерционные характеристики образцовой меры  
моментов инерции, при этом для  
моделирования указанных характеристик  
контрольные грузы прикрепляют к торцам или  
вблизи торцов образцовой меры моментов  
инерции в известных угловых положениях.  
Решение о качестве функционирования стенда  
принимают по результатам сравнения  
измеренных значений с соответствующими

номинальными и смоделированными значениями контролируемых массо-центровочных и массо-инерционных характеристик. Технический результат заключается в повышении информативности и

надежности проверки качества функционирования стенда в заданных диапазонах измерений параметров. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 4 5 5 9 2 C 1

RU 2 4 4 5 5 9 2 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01M 1/10* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2010126861/28, 30.06.2010

(24) Effective date for property rights:  
30.06.2010

Priority:

(22) Date of filing: 30.06.2010

(45) Date of publication: 20.03.2012 Bull. 8

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem.  
E.I. Zababakhina", otdel intellektual'noj  
sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

**Kljuchnikov Aleksandr Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatje "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ  
JaDERNYJ TsENTR - VSEROSIJSKIJ  
NAUChNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT  
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI AKADEMIKA  
E.I. ZABABAKhINA" (RU)**

(54) **METHOD OF CHECKING QUALITY OF OPERATION OF STAND FOR DETERMINING MASS-BALANCING AND MASS-INERTIA CHARACTERISTICS OF SOLID BODY OF ROTATION**

(57) Abstract:

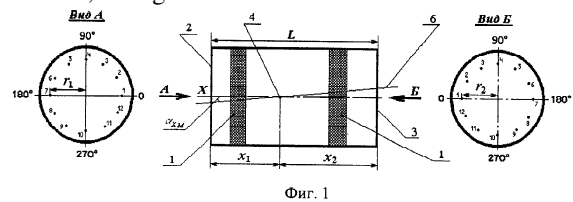
FIELD: physics.

SUBSTANCE: method is realised using a moment of inertia standard gauge which is in form of a cylinder or a flattened cone and is a size-mass model of the article, and a set of standard weights of known mass. During inspection, weight-modelled standard (given) and nominal mass-balancing and mass-inertia characteristics of the moment of inertia standard gauge are measured, where in order to model said characteristics, standard weights are attached to the ends or near the ends of the moment of inertia standard gauge in known angular positions. The decision on the quality of operation of the stand

is taken based on results of comparing measurement values with corresponding nominal and modelled values of the control mass-balancing and mass-inertia characteristics.

EFFECT: high information content and reliability of checking quality of operation of the stand in given parameter measurement ranges.

3 cl, 2 dwg



RU 2 445 592 C1

RU 2 445 592 C1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для контроля (проверки) качества функционирования стенов, предназначенных для определения моментов инерции или для комплексного определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик, включающего в себя определение как моментов инерции, так и положения центра масс твердых тел вращения - изделий машиностроения роторного типа, принцип действия которых основан на методе крутильного маятника и реализованных по схеме опрокинутого унифилярного подвеса.

Современная технология создания сложных «длинных» осесимметричных роторов - изделий машиностроения роторного типа, включающих в свой состав рамы, отсеки, аппаратуру, - требует экспериментального определения с заданной точностью их массо-центровочных и массо-инерционных характеристик, а именно - главных центральных моментов инерции, массы тела и координат центра масс, а также параметров массо-инерционной асимметрии, к которым относятся величина поперечного смещения и угол отклонения продольной главной оси инерции относительно оси симметрии тела, - после изготовления и сборки изделий. Как правило, массу изделия измеряют обычным взвешиванием на стандартных весах требуемой точности, а определение моментов инерции тела с последующим вычислением остальных массо-центровочных и массо-инерционных характеристик выполняют способом крутильных колебаний относительно неподвижной оси [Левит М.Е., Рыженков В.М. Балансировка деталей и узлов. - М.: Машиностроение, 1986, стр.68]. При этом точность аналитического определения параметров массо-инерционной асимметрии напрямую зависит от точности определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделия. При проведении контроля используется специализированное контрольно-измерительное оборудование и технологическая оснастка, учитывающие особенности конструкции контролируемого изделия. Критерием оценки правильности функционирования этого оборудования, как правило, является соответствие его характеристик точности в заданных диапазонах измерений параметрам заданным нормированным метрологическим характеристикам. Поэтому разработка простых, надежных и информативных способов и средств контроля качества функционирования оборудования, применяемого для определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделий на различных этапах их разработки, производства и испытаний, через контроль их метрологических характеристик была и остается актуальной технической задачей.

Известен, например, способ определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик, основанный на методе крутильных колебаний. Стенд, реализующий этот способ, для повышения удобства эксплуатации выполнен по схеме платформы с опрокинутым унифилярным подвесом [а.с. СССР №1046633, кл. G01M 1/10, 1983. Способ определения центрального момента инерции и координат центра масс в заданной плоскости и массы тела]. Платформа располагается горизонтально и опирается на аэростатический подшипник, исключая сухой трение между сопрягаемыми поверхностями, при этом ось вращения центрируется также радиальным аэростатическим подшипником. На платформе располагается технологическая оснастка, предназначенная для установки контролируемого изделия и перевода его в различные пространственные положения. Для создания крутильных колебаний платформы к оси платформы прикреплен упругий элемент - торсион, нижняя часть которого через кронштейн соединена с компенсационной мембраной,

установленной в основании корпуса стенда и разгружающей торсион от осевых нагрузок. Стенд снабжен узлом закрутки, позволяющим осуществлять поворот платформы на определенный угол, и механизмом фиксации, после освобождения которого платформа начинает совершать свободные колебания.

5 Определение искомых массо-центровочных и массо-инерционных характеристик производится аналитическим путем по результатам измерений периодов крутильных колебаний вокруг вертикальной оси контролируемого изделия, устанавливаемого на платформу (с использованием специальной технологической оснастки) в заданные  
10 пространственно-угловые положения. Затем по измеренным массо-центровочным и массо-инерционным характеристикам рассчитываются параметры массо-инерционной асимметрии контролируемого изделия.

Известный способ позволяет определять массо-центровочные и массо-инерционные характеристики изделия, но не дает возможности проверки качества  
15 функционирования самого стенда.

Регулярный контроль метрологических характеристик стенда, а также проверка качества его функционирования во всем диапазоне измерений являются актуальной технической задачей при проведении контрольно-испытательных операций по  
20 определению массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделий, выполняемых с использованием известного стенда. Сама же задача разработки комплексного способа проверки (контроля) качества функционирования стендов, применяемых для определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделий (твердых тел вращения), например унифилярных стендов, не  
25 нашла отражения в вышеуказанных источниках, что делает ее решение актуальным для конструкторов-разработчиков, исследователей и испытателей таких стендов для оценки их качества функционирования и технического состояния.

Известен способ проверки качества функционирования стенда типа СИМИ  
30 [Матвеев Е.В., Крылов В.В., Кочкин Е.В. Оборудование для определения характеристик геометрии масс и массы космических летательных аппаратов // Научно-технические достижения: Межотраслевой научно-технический сборник. - 1992. - №5. - С.42-43, рис.2]. В основе работы стенда заложен метод унифилярного подвеса. Стенд состоит из платформы с измерительным столом, технологической оснасткой  
35 (кантователь с поворотными устройствами), предназначенной для установки габаритно-массового макета изделия - образцовой меры моментов инерции - в различные пространственно-угловые положения. Платформа измерительного стола взвешена на опорном аэростатическом подшипнике, а ось вращения центрируется  
40 радиальным аэростатическим подшипником. Для создания крутильных колебаний платформы ее механическая связь со станиной осуществляется через упругий элемент - торсион - и компенсационную мембрану. Платформа оборудована узлом закрутки и механизмом фиксации для осуществления ее поворота на определенный угол и фиксации в этом положении. Освобождение механизма фиксации обеспечивает  
45 свободные колебания платформы.

Для реализации данного способа используются образцовые меры моментов инерции, каждая из которых представляет собой габаритно-массовый макет изделия, принадлежащего к определенному классу изделий. Каждая образцовая мера моментов  
50 инерции реализована в виде динамически сбалансированного осесимметричного твердого тела вращения (цилиндра, усеченного конуса), номинальные массо-центровочные и массо-инерционные характеристики которого определены с высокой точностью. При этом параметры массо-инерционной асимметрии меры моментов

инерции, номинальные значения которых, как правило, близки к нулю, также известны с высокой точностью.

5 Данный способ является наиболее близким к предлагаемому и выбран в качестве прототипа. Он основан на использовании образцовой меры моментов инерции, номинальные габаритные, геометрические и массо-центровочные характеристики которой соответствуют характеристикам и поверхностям изделия, и заключается в измерении периодов крутильных колебаний механической системы, включающей платформу стенда с устанавливаемой на ней в заданных пространственно-угловых  
10 положениях образцовой мерой моментов инерции, и определении расчетным путем при проведении итоговой обработки результатов измерений ее массо-центровочных и массо-инерционных характеристик, после чего полученные значения измеренных характеристик сравнивают с соответствующими номинальными массо-  
15 центровочными и массо-инерционными характеристиками образцовой меры моментов инерции, рассчитывают погрешности измерений, по которым судят о качестве функционирования стенда.

В известном способе каждая образцовая мера моментов инерции обладает единственным набором эталонных массо-центровочных и массо-инерционных  
20 характеристик, а изготовление и последующая метрологическая аттестация каждой образцовой меры моментов инерции требуемой формы и с требуемыми габаритными, массо-центровочными и массо-инерционными характеристиками являются технически сложной и дорогостоящей задачей. Это не позволяет моделировать различные значения контролируемых параметров изделия и, соответственно, ограничивает  
25 возможности оценки качества функционирования стенда в требуемых диапазонах измерений параметров.

Недостатками известного способа проверки качества функционирования стенда для определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделия  
30 являются:

- проверка осуществляется по результатам контроля единственного набора эталонных массо-центровочных и массо-инерционных характеристик, присущих образцовой мере моментов инерции, используемой при проведении испытаний;
- отсутствует возможность исследования контролируемых метрологических  
35 характеристик стенда в требуемых диапазонах измерений;
- отсутствуют объективные критерии для оценки точности определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделия в заданных диапазонах измерений.

40 Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение информативности и надежности контроля качества функционирования стенда для определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделий (твердых тел вращения).

45 Указанный технический результат достигается тем, что в способе проверки качества функционирования стенда для определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик твердого тела вращения (изделия), основанном на использовании образцовой меры моментов инерции, номинальные габаритные, геометрические и массо-центровочные характеристики которой соответствуют  
50 указанным характеристикам и поверхностям изделия, проверку осуществляют, проводя измерения периодов крутильных колебаний механической системы, включающей платформу стенда с устанавливаемой на ней в заданных пространственно-угловых положениях образцовой мерой моментов инерции, и

определяя расчетным путем при проведении итоговой обработки результатов измерений ее массо-центровочные и массо-инерционные характеристики, после чего полученные значения измеренных характеристик сравнивают с соответствующими номинальными массо-центровочными и массо-инерционными характеристиками образцовой меры моментов инерции, рассчитывают погрешности измерений, по которым судят о качестве функционирования стенда, согласно изобретению измерения периодов крутильных колебаний механической системы выполняют для нескольких, не менее трех, точек, равномерно расположенных в каждом контролируемом диапазоне измерений массо-центровочных и массо-инерционных характеристик и характеризующих отклонения центра масс и продольной главной центральной оси инерции от соответствующих номинальных значений этих параметров образцовой меры моментов инерции, причем данные отклонения моделируют путем прикрепления контрольных грузов известной массы к образцовой мере моментов инерции на известных расстояниях от ее центра масс и от оси симметрии вблизи торцов, а после итоговой обработки результатов измерений периодов крутильных колебаний, полученных для каждой контролируемой точки, определяют массо-центровочные и массо-инерционные характеристики, полученные значения сравнивают с соответствующими номинальными и смоделированными массо-центровочными и массо-инерционными характеристиками, после чего в каждой контролируемой точке соответствующего диапазона измерений рассчитывают погрешности измерений, на основании которых принимают решение о качестве функционирования стенда.

Для моделирования значений массо-центровочных характеристик с различными угловыми положениями для расширения диапазона их измерений контрольные грузы прикрепляют к образцовой мере моментов инерции соответственно в различных угловых положениях относительно ее системы координат.

Для удобства крепления грузов к образцовой мере моментов инерции, а также для более точного моделирования значений массо-центровочных характеристик при проверке качества функционирования стенда, образцовую меру моментов инерции изготавливают с равномерным расположением по окружности на ее торцах приспособлений, например резьбовых отверстий, предназначенных для прикрепления контрольных грузов, выполненных, например, в виде резьбовых втулок.

Технический результат заключается в следующем. За счет определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик в нескольких (не менее чем в трех) контрольных точках появилась возможность объективно оценивать качество функционирования стенда во всем диапазоне измерений соответствующего контролируемого параметра и, следовательно, повышается информативность и надежность контроля качества функционирования стенда. Число три является на практике минимально допустимым для обеспечения уверенности в объективности оценки качества функционирования стенда для определения массо-центровочных характеристик изделия в требуемых диапазонах измерений контролируемых параметров. Требования по заданию масс и мест установки контрольных грузов вырабатываются испытателем при проведении математического моделирования значений контролируемых массо-центровочных характеристик образцовой меры моментов инерции.

На фиг.1 показана образцовая мера моментов инерции.

На фиг.2 показан центр масс, смещенный относительно начала координат образцовой меры моментов инерции.

Проверку качества функционирования стенда для определения массо-центровочных

и массо-инерционных характеристик изделий (твердых тел вращения), выполненного по схеме платформы с опрокинутым унифилярным подвесом, опирающейся на аэростатический подшипник, на которой размещена технологическая оснастка для установки массогабаритного макета изделия - образцовой меры моментов инерции, и реализующего метод крутильных колебаний, проводят с использованием набора контрольных грузов известной массы и образцовой меры моментов инерции. При этом образцовая мера моментов инерции представляет собой осесимметричный ротор (фиг.1), выполненный в виде цилиндра (усеченного конуса), на наружной поверхности которого выполнены две базовые поверхности 1 для взаимодействия с опорами технологической оснастки. При этом номинальные габаритные, геометрические, массо-центровочные и массо-инерционные характеристики образцовой меры моментов инерции, в том числе параметры ее массо-инерционной асимметрии, известные с высокой точностью, а также базовые посадочные поверхности соответствуют характеристикам и базовым поверхностям изделия. Вблизи каждого из торцов или непосредственно на торцах 2 и 3 образцовой меры моментов инерции, расположенных соответственно на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от центра масс 4 и на расстояниях соответственно  $r_1$  и  $r_2$  от оси симметрии меры моментов инерции, имеются не менее одного приспособления, например резьбового отверстия (1-12), с известными угловыми положениями в системе координат образцовой меры моментов инерции, предназначенных для установки контрольных грузов, например, выполненных в виде резьбовых втулок. Расположение приспособлений для укрепления контрольных грузов непосредственно на торцах 2, 3 образцовой меры моментов инерции облегчает доступ к мере моментов инерции и обеспечивает возможность использования контрольных грузов различной формы без изменения конструкции технологической оснастки стенда, предназначенной для установки и фиксации используемой меры моментов инерции. Прикрепление контрольных грузов в различных угловых положениях к торцам 2, 3 образцовой меры моментов инерции обеспечивает возможность моделирования не только значений, но и направлений вектора  $\vec{e}_{CTM}$

поперечного смещения центра масс 5 (фиг.2), а также угла-вектора  $\vec{\alpha}_{X_M}$

отклонения продольной главной центральной оси инерции 6 от оси симметрии образцовой меры моментов инерции X в системе координат, связанной с этой мерой моментов инерции. Для этого приспособления для укрепления контрольных грузов с известными угловыми положениями в системе координат образцовой меры моментов инерции располагают равномерно по окружностям известных радиусов  $r_1$  и  $r_2$  вблизи торцов или на торцах 2 и 3 на расстояниях  $x_{1нач}$  и  $x_{2нач}$  от центра масс образцовой меры моментов инерции. Массы контрольных грузов  $m_1$  и  $m_2$ , прикрепляемых соответственно вблизи торцов или к торцам 2 и 3 образцовой меры моментов инерции для моделирования (задания) требуемых значений контролируемых массо-центровочных характеристик, рассчитывают в соответствии с законами статики по формулам

$$x_{1M} = x_{1нач} - \frac{m_1 \cdot x_{1нач}}{M_0 + m_1} + \frac{m_2 \cdot x_{2нач}}{M_0 + m_2}; \quad (1)$$

$$x_{2M} = L - x_{1M}; \quad (2)$$

$$\vec{e}_{CTM} = \frac{m_1 \cdot \vec{r}_1 + m_2 \cdot \vec{r}_2}{M_0 + m_1 + m_2}; \quad (3)$$

$$y_M = e_{CTM} \cdot \cos \varphi_M; \quad (4)$$



$$z_M = e_{CT_M} \cdot \sin \varphi_M; \quad (5)$$

$$\alpha_{X_M} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{2(m_2 \cdot \vec{r}_2 \cdot x_{2M} - m_1 \cdot \vec{r}_1 \cdot x_{1M})}{I_{aO} - I_{3O}}, \quad (6)$$

5 где  $m_1$  и  $m_2$  - массы контрольных грузов, установленных соответственно вблизи торцов 2 и(или) 3 образцовой меры моментов инерции;

$M_O$  - масса образцовой меры моментов инерции;

$\vec{r}_1$  - расстояние от оси симметрии образцовой меры моментов инерции до центра масс

10 контрольного груза  $m_1$ , установленного вблизи торца 2 в плоскости, перпендикулярной оси симметрии, с учетом его углового положения в системе координат образцовой меры моментов инерции;

$\vec{r}_2$  - расстояние от оси симметрии образцовой меры моментов инерции до центра масс

15 контрольного груза  $m_2$ , установленного вблизи торца 3 в плоскости, перпендикулярной оси симметрии, с учетом его углового положения в системе координат образцовой меры моментов инерции;

$x_{1M}$  и  $x_{2M}$  - расстояния от центра масс образцовой меры моментов инерции до 20 плоскостей установки контрольных грузов  $m_1$  и  $m_2$  после прикрепления к ней одного из этих грузов или одновременно обоих контрольных грузов при моделировании продольного смещения центра масс;

$x_{1нач}$  и  $x_{2нач}$  - начальные (т.е. априорно известные до установки контрольных 25 грузов) расстояния от центра масс до соответствующих плоскостей установки контрольных грузов  $m_1$  и  $m_2$ ;

$L$  - расстояние между плоскостями установки контрольных грузов  $m_1$  и  $m_2$ ;

$I_{aO}$  и  $I_{3O}$  - значения соответственно аксиального и экваториального моментов инерции образцовой меры моментов инерции;

30  $y_M$  - координата по оси  $Y$  центра масс 5 образцовой меры моментов, смещенного в результате прикрепления к ней контрольного груза (грузов) при моделировании массо-центровочных характеристик;

$z_M$  - координата по оси  $Z$  центра масс 5 образцовой меры моментов, смещенного в 35 результате прикрепления к ней контрольного груза (грузов) при моделировании массо-центровочных характеристик;

$\varphi_M$  - угол между осью  $OY$  и вектором поперечного смещения центра масс образцовой меры моментов инерции  $\vec{e}_{CT_M}$ , смоделированного прикреплением к ней

40 контрольных грузов (груза).

Для оценки качества функционирования стенда выполняют ряд идентичных циклов измерений периодов крутильных колебаний механической системы. При этом в ходе одного из этих циклов измерений (в начальной точке диапазона измерений) в состав механической системы входят платформа с технологической оснасткой, а также 45 закрепляемая в оснастке и устанавливаемая с помощью этой оснастки в заданные пространственно-угловые положения образцовая мера моментов инерции без контрольного груза. А в остальных циклах измерений (не менее чем в двух точках диапазона измерений) к образцовой мере моментов инерции, устанавливаемой в тех же 50 пространственно-угловых положениях, вблизи ее торцов 2 и 3 или непосредственно на торцах дополнительно прикрепляются контрольные грузы известной массы, обуславливающие задание (моделирование) различных значений массо-центровочных и массо-инерционных характеристик в контролируемых диапазонах измерений,

отличающихся от номинальных значений этих характеристик, принадлежащих образцовой мере моментов инерции. При этом масса контрольных грузов задается таким образом, чтобы значения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик, моделируемых в результате прикрепления этих грузов к образцовой мере моментов инерции, были равномерно распределены по каждому диапазону измерений контролируемых характеристик. Для получения вполне достоверной информации о качестве функционирования стенда в целом достаточно провести не более пяти измерений в каждой контролируемой точке, по каждому контролируемому диапазону измерений. При последующей обработке результатов измерений для каждого  $i$ -го цикла измерений определяют моменты инерции соответствующего  $i$ -го объекта контроля - собственно образцовой меры моментов инерции или той же меры моментов инерции, но с прикрепленным к ней контрольным грузом (грузами) - относительно шести осей, пространственно распределенных, но пересекающихся в центре масс этого объекта контроля.

Затем в ходе итоговой обработки результатов по специальной методике рассчитывают значения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик каждого  $i$ -го объекта контроля и рассчитывают абсолютную погрешность измерений ( $\Delta Z$ ) как модуль разности между смоделированным ( $Z_M$ ) и измеренным ( $Z_{и}$ ) значениями по формуле

$$\Delta Z_i = |Z_{иi} - Z_{Mi}| \quad (7)$$

Сравнивая полученные результаты расчетов погрешностей с нормированными метрологическими характеристиками стенда, судят о качестве функционирования стенда. При этом стенд признается годным к эксплуатации, если во всех проверяемых точках отклонения между смоделированным и измеренным значениями, рассчитанные по формуле (7), не выходят из допустимых границ, то есть не превышают значений нормированных метрологических характеристик стенда. В противном случае стенд признается несоответствующим заданным требованиям и подлежит ремонту.

Предлагаемый способ проверки с использованием калиброванных контрольных грузов и образцовой меры моментов инерции, с одной стороны, прост в реализации и обладает малой трудоемкостью, поскольку не требуется изготавливать и применять набор различных образцовых мер, обладающих различными значениями массо-центровочных и массо-инерционных характеристик. С другой стороны, этот способ обладает по сравнению с известным способом большей информативностью и надежностью в контроле качества функционирования, так как он позволяет с использованием единственной образцовой меры моментов инерции проводить оценку работы стенда в требуемых диапазонах измерений параметров, а также при этом позволяет моделировать множество различных комбинаций при задании значений массо-центровочных и массо-инерционных характеристик.

Таким образом, предлагаемый способ проверки качества функционирования стенда для определения массо-центровочных и массо-инерционных характеристик изделий - твердых тел вращения, в том числе сложных «длинных» роторов произвольной формы, и устройство для его осуществления с достаточной для практики степенью точности, информативности, надежности и трудоемкости с помощью простых и надежных технических средств позволяют проводить оценку качества функционирования стенда как в процессе его метрологической аттестации, так и непосредственно перед проведением испытаний контролируемых изделий, и особенно, что очень важно, например, на этапе серийного производства продукции.

## Формула изобретения

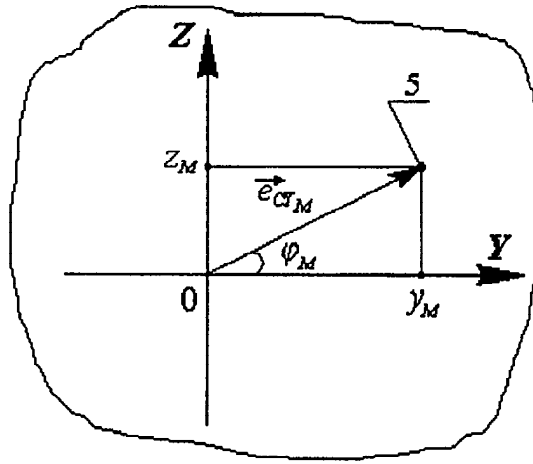
1. Способ проверки качества функционирования стенда для определения массо-  
центровочных и массо-инерционных характеристик твердого тела вращения (изделия),  
основанный на использовании образцовой меры моментов инерции, номинальные  
5 габаритные, геометрические и массо-центровочные характеристики которой  
соответствуют характеристикам и поверхностям изделия, заключающийся в измерении  
периодов крутильных колебаний механической системы, включающей платформу  
стенда с устанавливаемой на ней в заданных пространственно-угловых положениях  
10 образцовой мерой моментов инерции и определении расчетным путем при проведении  
итоговой обработки результатов измерений ее массо-центровочных и массо-  
инерционных характеристик, после чего полученные значения измеренных  
характеристик сравнивают с соответствующими номинальными массо-  
15 центровочными и массо-инерционными характеристиками образцовой меры моментов  
инерции, рассчитывают погрешности измерений, по которым судят о качестве  
функционирования стенда, отличающийся тем, что измерения периодов крутильных  
колебаний механической системы выполняют для нескольких, не менее трех, точек,  
равномерно расположенных в каждом контролируемом диапазоне измерений массо-  
20 центровочных и массо-инерционных характеристик и характеризующих отклонения  
центра масс и продольной главной центральной оси инерции от соответствующих  
номинальных значений этих параметров образцовой меры моментов инерции, причем  
данные отклонения моделируют путем прикрепления контрольных грузов известной  
массы к образцовой мере моментов инерции на известных расстояниях от ее центра  
25 масс и от оси симметрии вблизи торцов, а после итоговой обработки результатов  
измерений периодов крутильных колебаний, полученных для каждой контролируемой  
точки, определяют массо-центровочные и массо-инерционные характеристики,  
полученные значения сравнивают с соответствующими номинальными и  
30 смоделированными массо-центровочными и массо-инерционными характеристиками,  
после чего в каждой контролируемой точке соответствующего диапазона измерений  
рассчитывают погрешности измерений, на основании которых принимают решение о  
качестве функционирования стенда.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что контрольные грузы прикрепляют к  
35 образцовой мере моментов инерции соответственно в различных угловых положениях  
относительно ее системы координат.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что образцовую меру моментов инерции  
изготавливают с равномерным расположением по окружности на ее торцах  
40 приспособлений, например, резьбовых отверстий, предназначенных для прикрепления  
контрольных грузов, выполненных, например, в виде резьбовых втулок.

45

50



Фиг. 2