

УДК 629.78.054

ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Д. Е. Синицкий¹, А. В. Мурыгин²

¹ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52
E-mail: Dimasik77@yandex.ru

²Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660014, Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
E-mail: avm514@mail.ru

Рассматриваются основные принципы построения стенда измерения динамических моментов управляющего двигателя-маховика. Описан принцип работы управляющего двигателя-маховика. Проведен анализ существующих стендов измерения момента двигателя-маховика. Приведено описание конструктивной, функциональной схем разработанного измерительного блока стенда, его принцип действия. Получены характеристические уравнения элементов измерительного блока. Определена структурная схема измерительного блока и рассчитаны ее основные параметры. Приведено описание моментного двигателя, датчика угла, упруговязкой опоры. В результате разработан динамический стенд, позволяющий производить измерения динамического момента одновременно с четырех двигателей-маховиков в диапазоне $\pm 0,9$ Нм, с точностью не менее 10^{-4} Нм. Динамический стенд способен измерять момент непосредственно от двигателя-маховика, что обеспечивает более точную имитацию углового движения КА в замкнутом контуре испытаний системы ориентации и стабилизации КА.

Ключевые слова: космический аппарат, двигатель-маховик, динамический момент, силовая компенсация.

THE QUESTIONS OF TECHNICAL REALIZATION OF THE DYNAMIC BENCH FOR THE RESEARCH OF THE ACTIVITY OF THE ENGINE-FLYWHEEL OF THE ATTITUDE CONTROL SYSTEM AND SPACE VEHICLE STABILIZATION

D. E. Sinitskiy¹, A. V. Murigin²

¹JSC "Information Satellite Systems" named after academician M. F. Reshetnev"
52, Lenin str., Jelesnogorsk, 662971, Russian Federation. E-mail: Dimasik77@yandex.ru

²Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660014, Russian Federation. E-mail: avm514@mail.ru

The main principles of the construction of a bench of measurement of the dynamic moments of the managing director-engine-flywheel are considered. The principle of activity of the control engine-flywheel is described. The analysis of existing benches of measurement of the moment of the engine-flywheel is carried out. The description of constructive, functional schemes of the developed measuring unit of a bench, its principle of action is resulted. The characteristic equations of elements of the measuring unit are received. The block diagramme of the measuring unit is determined and its key parametres are calculated. The description of the sensor of the moment, the sensor of a corner, an elastic-viscous support is resulted. The dynamic bench is as a result developed, allowing to make measurements of the dynamic moment simultaneously from four engines-flywheels in the Nanometer range, with accuracy not less than Nanometer. The dynamic bench is capable to measure the moment directly from the engine-flywheel that supplies more exact imitation of angular motion of space vehicle in a closed loop of tests of an attitude control system and space vehicle stabilization.

Keywords: space vehicle, engine-flywheel, dynamic moment, power indemnification.

Система ориентации и стабилизации (СОС) современных космических аппаратов (КА) является сложной системой, состоящей из высокоточных приборов определения углового положения, измерения угловых скоростей КА и исполнительных устройств, меняющих пространственное положение КА. В качестве

исполнительного устройства системы ориентации и стабилизации, для создания динамических управляющих моментов по трем осям связанной с КА системой координат используются двигатели-маховики. Двигатели-маховики выполнены на основе управляемого моментного бесконтактного двигателя постоян-

ного тока. Функции маховой массы выполняет ротор с постоянными магнитами, расположенными на максимально возможном диаметре, в двигателях-маховиках максимально снижены тормозные моменты. Электродвигатель обеспечивает реверсивное вращение ротора-маховика, его торможение, а величина создаваемого им вращающего (управляющего) момента при этом может плавно меняться в заданном диапазоне в соответствии с сигналом управления, подаваемым на вход двигателя-маховика [1].

Для всестороннего анализа работы двигателя-маховика при наземных испытаниях необходимы испытательные стенды, на которых можно исследовать динамические и точностные параметры двигателя-маховика во всех режимах его работы.

В настоящее время для измерения динамического момента двигателя-маховика обычно применяют динамический стенд измерения момента ИМ-15, разработанный в НПЦ «Полус» [2], в котором момент вычисляется по косвенным признакам – электрическим параметрам блока электроники. Измерительная схема имеет недостаточную точность для испытаний современных приборов [3]. Другой недостаток стенда ИМ-15 заключается в том, что он не позволяет измерять динамический момент от нескольких двигателей-маховиков одновременно.

Имеются данные о применении за рубежом стенда, построенного на базе газового сферического подшипника [4]. Его использование имеет ряд ограничений, таких как сложности настройки, балансировки, управления.

Для решения этих проблем в ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М. Ф. Решетнева» разработан динамический стенд для испытания двигателей-маховиков КА. Стенд имеет следующие технические возможности:

– диапазон измеряемого динамического момента $\pm 0,5$ Нм;

– погрешность измерения момента в диапазоне $\pm 2 \cdot 10^{-2}$ Нм не более 10^{-4} Нм. Относительная погрешность измерения момента в диапазоне от $\pm 2 \cdot 10^{-2}$ Нм до 0,5 Нм не более 0,5 %;

- в состав стенда входят четыре одинаковых, конструктивно разделенных измерительных блока; каждый блок позволяет измерять момент одного двигателя-маховика;

На рис. 1 представлена конструктивная схема измерительного блока.

Измерительный блок состоит из соединенных между собой упругой опоры 2, моментного двигателя 3, датчика угла поворота 1. Двигатель-маховик 8 установлен с помощью кронштейна 4 на измерительную балку 5, прикрепленную к упругой опоре.

На рис. 2 показана функциональная схема измерительного блока.

Пунктирной линией выделены части, входящие в блок электроники (БЭ). Вход блока электроники соединен с выходом усилителя-преобразователя (УП), размещенного в непосредственной близости к датчику угла. УП предназначен для усиления сигнала дат-

чика угла (ДУ) и включает в себя усилитель переменного тока и демодулятор, так как датчик переменного тока, а корректирующие цепи и МД работают на постоянном токе. Также УП имеет возможность регулировки коэффициента передачи K_1 . УП имеет два выхода, один выход которого соединен с дифференциатором (*Диф*). Дифференциатор используется для демпфирования системы, за счет коррекции частотной характеристики. Выход дифференциатора соединен с первым усилителем мощности (У1), предназначенного для усиления сигнала U_1 канала демпфирования, а также частотной коррекции системы силовой компенсации. У1 имеет защиту от перепада напряжения, а также возможность регулировки коэффициента передачи K_{y1} . Второй выход УП соединен с усилителем мощности (У2), предназначенным для усиления сигнала U_3 канала силовой компенсации. У2 имеет защиту от перепада напряжения, а также возможность регулировки коэффициента передачи K_{y2} . Выход каждого усилителя мощности соединен с соответствующей обмоткой моментного двигателя. Измерительный усилитель (ИУ) предназначен для измерения тока, протекающего в цепи обмотки силовой компенсации, путем измерения падения напряжения на добавочном сопротивлении.

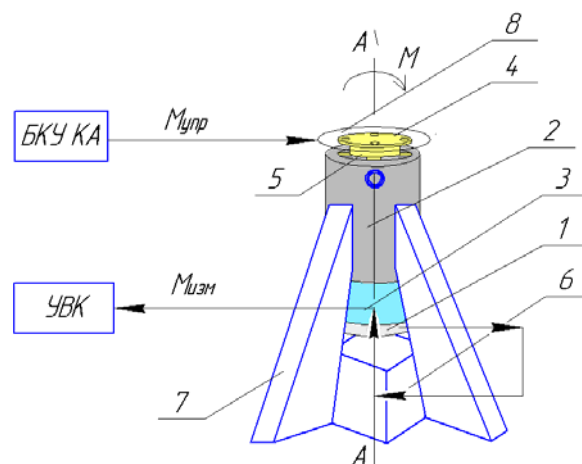


Рис. 1. Конструктивная схема измерительного блока:

1 – датчик угла поворота; 2 – упругая опора;
3 – моментный двигатель; 4 – кронштейн крепления двигателя-маховика; 5 – балка; 6 – блок электроники; 7 – крепление измерительного блока к полу лаборатории;
8 – двигатель-маховик; БК КА – бортовой компьютер КА;
УК – управляющий компьютер

Принцип работы измерительного блока следующий: бортовым компьютером задается значение динамического момента $M_{\text{упр}}$, при этом двигатель-маховик создает управляющий момент $M_{\text{удм}}$, приводящий к повороту балки на угол φ , что фиксируется датчиком угла. Сигнал $U_{\text{ду}}$ с датчика угла поступает в блок электроники (БЭ), где он преобразуется, а затем поступает на моментный двигатель. БЭ разбивает сигнал от ДУ на два сигнала.

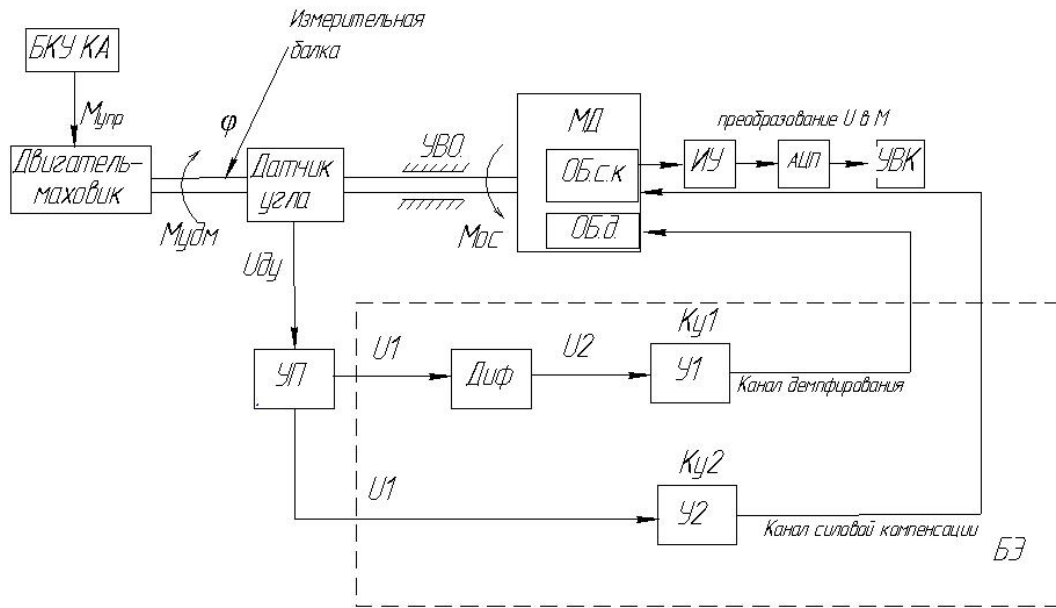


Рис. 2. Функциональная схема измерительного блока:

$M_{упр}$ – задающее значение динамического момента; $M_{удм}$ – динамический момент, создаваемый двигателем – маховиком; ϕ – угол поворота измерительной балки; $U_{д\phi}$ – сигнал, создаваемый датчиком угла; БЭ – блок электроники; УП – предварительный усилитель; Диф – дифференциатор; МД – моментный двигатель; БКУ КА – бортовой компьютер КА; У1, У2 – усилители; УВО – упруговязкая опора; $M_{ос}$ – момент, создаваемый моментным двигателем; ИУ – измерительное устройство; УВК – управляющий вычислительный комплекс; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; Об.с.к. – обмотка силовой компенсации датчика момента; Об.д. – обмотка демпфирования датчика момента; k_d – коэффициент передачи канала демпфирования (коэффициент усиления по скорости); k_{ck} – коэффициент передачи канала силовой компенсации (коэффициент усиления по углу)

Первый служит для формирования канала усиления по скорости (канал демпфирования), второй – для формирования канала усиления по углу (канал силовой компенсации). Оба сигнала поступают в моментный двигатель, который создает момент обратной связи $M_{ос}$, компенсирующий момент, создаваемый двигателем-маховиком. При этом в обмотке силовой компенсации моментного двигателя протекает ток, значение которого замеряется с помощью измерительного устройства (ИУ), затем аналоговый сигнал поступает в АЦП, где преобразуется в цифровое значение и передается в управляющий вычислительный компьютер (УВК).

Блок электроники обеспечивает требуемые для измерения управляющего момента усиления по углу и скорости путем преобразования, коррекции сигналов датчика угла до уровня и мощности, необходимых для работы датчика момента и измерения тока в его обмотке.

Функциональная схема может быть описана следующими уравнениями:

1. Уравнение движения измерительной балки:

$$\ddot{\phi} = \frac{\Delta M}{Y_0}; \Delta M = M - M_C - M_D, \quad (1)$$

где M – момент, развиваемый управляющим двигателем-маховиком; M_C – момент, развиваемый каналом силовой компенсации; M_D – момент, развиваемый каналом демпфирования.

2. Передаточная функция датчика угла:

$$U_{д\phi} = k_{д\phi} \cdot \phi. \quad (2)$$

3. Передаточная функция УП имеет вид

$$U_1 = K_1 \cdot U_{д\phi}. \quad (3)$$

4. Передаточная функция дифференциатора имеет вид

$$U_2 = K_{д1} \cdot U_1 \cdot p. \quad (4)$$

5. Передаточная функция У1 имеет вид

$$I_1 = K_{у1} \cdot \frac{U_2}{R_d}, \quad (5)$$

где R_d – сопротивление обмотки демпфирования.

6. Передаточная функция У2 имеет вид:

$$I_{изм} = K_{у2} \cdot \frac{U_1}{R_c}, \quad (6)$$

где R_c – сопротивление обмотки силовой компенсации;

7. Передаточная функция моментного двигателя:

$$M_C = K_{дм2} \cdot I_{изм}; M_D = K_{дм1} \cdot I_1, \quad (7)$$

где $K_{дм2}$ – коэффициент передачи обмотки канала силовой компенсации; $K_{дм1}$ – крутизна характеристики обмотки канала силовой компенсации,

По уравнениям (1)–(7) построена структурная схема функционирования измерительного блока (рис. 3).

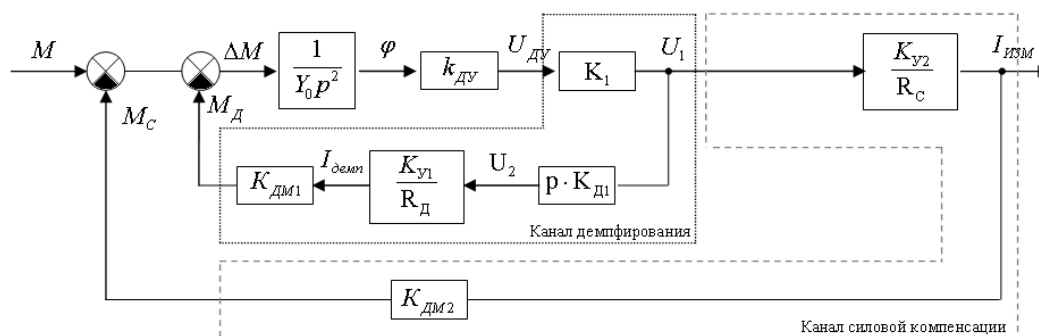


Рис. 3. Структурная схема ИБ

По уравнениям (1)–(7) получены следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \Delta M = M &- \left[\frac{1}{R_C} \cdot K_{DM2} \cdot K_{y2} \cdot K_1 \cdot \kappa_{DY} \right] \cdot \Phi + \\ &+ \left[\frac{1}{R_{\mathcal{D}}} \cdot K_{DM1} \cdot K_{y1} \cdot K_{\mathcal{D}1} \cdot K_1 \cdot K_{DY} \right] \cdot \dot{\Phi}, \quad (8) \end{aligned}$$

$$Kck = \frac{1}{R_C} \cdot K_{\text{DM2}} \cdot K_{y2} \cdot K_1 \cdot \kappa_{\text{DY}}, \quad (9)$$

$$Kd = \frac{1}{R_{\pi}} \cdot K_{\text{дМ1}} \cdot K_{\text{y1}} \cdot K_{\text{д1}} \cdot K_1 \cdot K_{\text{дy}}. \quad (10)$$

Уравнение движения системы имеет вид:

$$Y_\rho \cdot \ddot{\phi} + Kd \cdot \dot{\phi} + Kck \cdot \phi = M_{\text{впм}}. \quad (11)$$

Зависимость тока $I_{\text{изм}}$ в обмотке датчика момента от угла поворота измерительной балки φ имеет вид

$$I_{\text{изм}} = \frac{K_{y2} \cdot K_1 \cdot K_{\text{дУ}} \cdot \varphi}{R_c}. \quad (12)$$

Значения параметров неизменяемой части системы, которые определены выбором элементов, приведены ниже:

$$K_{\text{дy}} = 5,06 \frac{\text{В}}{\text{рад}};$$

$$K_{\text{ДМ1}} = K_{\text{ДМ2}} = \frac{M_{\text{Д}} \max}{I_1 \max} = \frac{M_{\text{С}} \max}{I_2 \max} = 0,91 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}};$$

$$R_C = R_D = 5 \text{ Ом}; Y_0 = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; K_{\text{сж}} = 70 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}.$$

Коэффициент передачи канала демпфирования определен исходя из относительного коэффициента демпфирования $\xi = 0,707$:

$$Kd = 2\xi\sqrt{Y_0 \cdot K_{\text{CK}}} = 2 \cdot 0,707\sqrt{0,1 \cdot 70} = 3,741.$$

По уравнениям (9), (10) определены параметры изменяемой части системы:

$$\frac{K_{\text{ck}} \cdot R_C}{K_{\text{DM2}} \cdot K_{\text{DY}}} = K_{y2} \cdot K_1, \quad (13)$$

$$\frac{Kd \cdot R_d}{K_{dM1} \cdot K_{dy}} = K_{y1} \cdot K_{d1} \cdot K_1 ;$$

$$K_{y1} \cdot K_{d1} \cdot K_1 = \frac{3,741 \cdot 5}{0.91 \cdot 5.06} = 4,06. \quad (14)$$

Отношение коэффициентов передачи канала демпфирования и канала силовой компенсации имеет вид

$$\frac{K_{y1} \cdot K_{\text{д1}}}{K_{y2}} = \frac{K_{y1} \cdot K_{\text{д1}} \cdot K_1}{K_{y2} \cdot K_1}. \quad (15)$$

При одинаковых параметрах усилителей мощности $K_{y1} = K_{y2}$, что удобно при технической реализации, коэффициент передачи дифференциатора будет

$$K_{Д1} = \frac{K_{y1} \cdot K_{Д1} \cdot K_1}{K_{y2} \cdot K_1} = \frac{4,06}{76,01} = 0,05.$$

Исходя из того, что операционные усилители имеют выходное напряжение ± 10 В, а для обеспечения тока 1,1 А в обмотках 10,5 Ом, необходимо напряжение ± 12 В. С учетом запаса $\kappa_3 = 1,5$ выбрано $K_{V1} = K_{V2} = 2$.

Коэффициент передачи усилителя-преобразователя:

$$K_1 = \frac{K_{ck} \cdot R_C}{\kappa_{\text{II}M2} \cdot \kappa_{\text{IIY}} \cdot K_{Y2}} = \frac{70 \cdot 5}{0,91 \cdot 5,06 \cdot 2} = 38.$$

В результате расчетов получено для канала силовой компенсации:

$$K_{v2} = 2; K_1 = 38.$$

Для канала демпфирования:

$$K_{\text{vI}} = 2; K_1 = 38; K_{\text{II}} = 0,05.$$

Основным конструктивным элементом измерительного узла является упругая вязкая опора (УВО), на которой размещены датчик угла, моментный двигатель, измерительная балка.

Опора обладает высокой радиальной и осевой жесткостями, имеет большую надежность при эксплуатации [5].

На рис. 4 изображены два характерных конструктивных элемента опоры.

Конструкция упругих элементов выполнена из монолитной заготовки, без применения сборочных операций. Каждый упругий элемент содержит два коаксиальных кольца: внутреннее 1 и наружное 2, связанные между собой упругой лентой 3. Упругий элемент

№ 2 содержит узел нагружения ленты. Опора собрана из жестко связанных между собой двух упругих элементов № 1 и одного элемента № 2 так, чтобы оси упругих лент каждого элемента были смещены друг относительно друга на 120° , если смотреть по оси опоры.

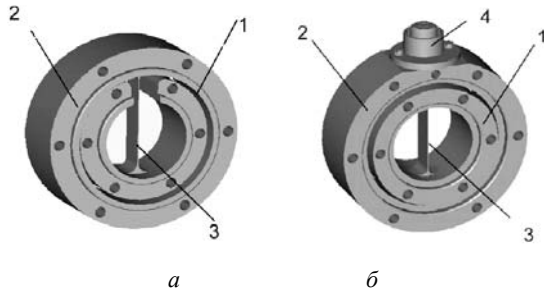


Рис. 4. Упругие элементы опоры:
 а – упругий элемент № 1; б – упругий элемент № 2;
 1 – внутреннее кольцо; 2 – наружное кольцо; 3 – упругая лента; 4 – узел нагружения

Настройка осуществляется путем подбора усилия нагружения лент. Устройство нагружения позволяет либо растягивать ленту, либо сжимать ее.

В качестве датчика угла поворота измерительной балки выбран бесконтактный оптический угловой датчик SIGNUM RESM. В состав датчик угла SIGNUM RESM входят:

- кольцо с нанесенными масштабными штрихами и встроенной нулевой меткой;
- две считывающие головки с кабелем.

На боковую поверхность кольца, выполненного из нержавеющей стали с интервалом 20 мкм нанесены масштабные штрихи и автофазирующая оптическая нулевая метка.

Две считывающие головки закреплены на корпусе так, что угол между нулевыми метками составляет 180° . Измерение угла поворота балки измерительного блока происходит при считывании отраженного от масштабной шкалы сигнала в считывающей головке. Поскольку угловой датчик SIGNUM RESM установлен непосредственно на ротор моментного двигателя, система свободна от блужданий сервопривода, колебаний, люфтов и различных ошибок, механического гистерезиса, присущих традиционным корпусным датчикам угла, соединенным с валом при помощи муфты, и обеспечивает точность при серии малых инкрементных перемещений [6].

В качестве моментного двигателя в измерительный блок установлен моментный двигатель с ограниченным углом поворота ротора (ДМС 220). ДМС 220 относится к бесконтактным индукторным моментным двигателям постоянного тока типа МД с электромагнитной редукцией частоты вращения ротора, с возбуждением от постоянных магнитов. Он отличается геометрическим выполнением секторных (дуговых) статора и ротора, диаметральной длина которых обеспечивает установленный для каждой модификации ДМС диапазон рабочих углов поворота ротора относительно статора [7].

Узел сборки измерительной балки, датчика угла SIGNUM RESM, упруговязкой опоры и моментного двигателя ДМС 220 изображен на рис. 5.

Элемент крепления внутреннего кольца жестко связывает между собой измерительную балку, внутреннее кольцо упруговязкой опоры, ротор моментного двигателя, датчик угла. Элемент крепления внешнего кольца жестко связывает между собой внешнее кольцо упруговязкой опоры и статор моментного двигателя.

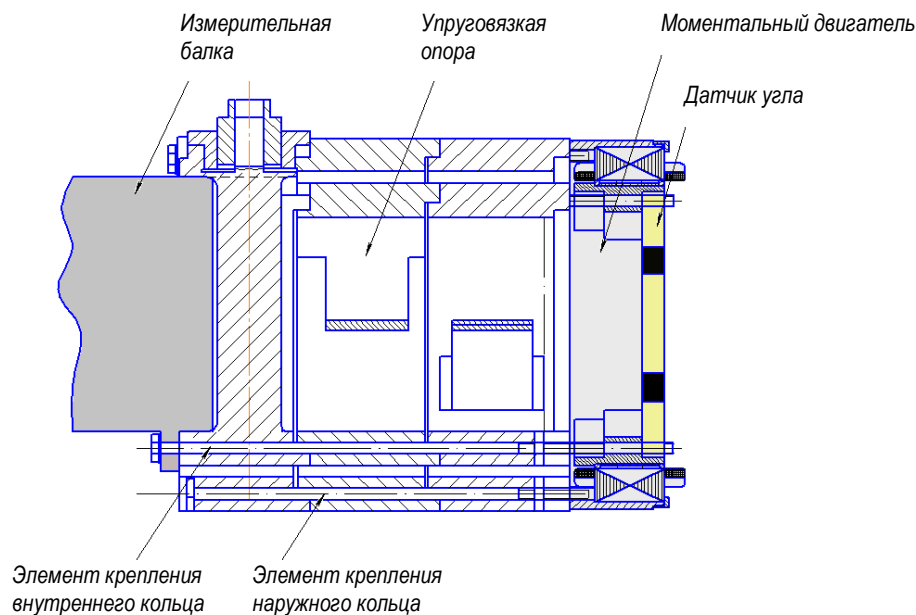


Рис. 5. Узел сборки измерительной балки, датчика угла SIGNUM RESM, упруго-вязкой опоры и моментного двигателя ДМС 220

В результате разработан динамический стенд, позволяющий производить измерения динамического момента одновременно с четырех двигателей-маховиков в диапазоне $\pm 0,9$ Нм, с точностью не менее 10^{-4} Нм. Динамический стенд способен измерять момент непосредственно от двигателя-маховика, что обеспечивает более точную имитацию углового движения КА в замкнутом контуре испытаний СОС КА.

Библиографические ссылки

1. Овчинников М. Ю., Ткачев С. С. Исследование алгоритма трехосной маховичной системы ориентации // Препринты ИПМ им. М. В. Келдышева. 2010. № 25. 32 с.
2. Кузина М. В., Собинин И. С. Измеритель моментов ИМ-15. НПЦ «Полус». Томск, 2006.
3. Синецкий Д. Е., Мурыгин А. В. Динамический стенд для исследования характеристик и режимов работы двигателя-маховика системы ориентации и стабилизации КА // Вестник СибГАУ. 2013. № 1 (47). С. 82–86.
4. Schwartz J. L., Peck M. A., Hall C. D. Historical Review of Air-Bearing Spacecraft Simulators, Journal of Guidance, Control and Dynamics. 2003. Vol. 26, № 4. P. 513–522.
5. Пат. № 2011057 Российская Федерация. МКИ⁵ F16F 3/10. Опора для прецизионных приборов / А. Н. Гормаков, Ю. М. Комашев, В. И. Венеренко; опубли. 1994, Бюл. № 7.
6. Оптические угловые энкодеры SIGNUM RESM и RESR [Электронный ресурс]. URL: <http://www.renishaw.ru>.

7. Степановский Ю. В. Преобразующие устройства приборов. Т. 1. Электродвигатели. Киев : Корнийчук, 2002. 204 с.

Reference

1. Ovchinnikov M. Y., Tkachev S. S. *Preprint IMP im. M. V. Keldisheva*, 2010, № 25, 32 p.
2. Kuzina M. V., Sobinin I. S. *Izmeritel momentov IM-15* (Metre of the moments IM-15). NPC "Poliys", Tomsk, 2006.
3. Sinitskiy D. E., Murigin A. V. *Vestnik SibSAU*, 2013, № 1 (47), p. 82–86.
4. Schwartz J. L., Peck M. A., Hall C. D. *Historical Review of Air-Bearing Spacecraft Simulators, Journal of Guidance, Control and Dynamics*, 2003, vol. 26, № 4, p. 513–522.
5. Pat. 2011057 RF. MKI F16F 3/10 *Opора dlya pre-cizionnih priborov* (Support for precision devices). A. N. Gormakov, Yu. M. Kolmashev, V. I. Venerenko. Opubl. 1994, Bul. № 7.
6. *Opticheskie uglovie encorderi SIGNUM RESM i RESR* (Optical angular sensors SIGNUM RESM and RESR). Available at: <http://www.renishaw.ru>.
7. Stepanovskiy Yu. V. *Preobrazuyishie ustroistva priborov. T.1. Elektrodvigateli* (Changing instruments of devices. Vol. 1. Electrical engines), Kiev, Kornchuk, 2002, 204 p.

© Синецкий Д. Е., Мурыгин А. В., 2013

УДК 629.78.051.062.2

АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КУРСОВОГО УГЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФАЗОВОГО ЦЕНТРА АНТЕННЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ГЛОНАСС» НА УЧАСТКАХ УПРЕЖДАЮЩЕГО РАЗВОРОТА

А. В. Фатеев¹, Д. В. Емельянов¹, Ю. А. Тентилов¹, А. В. Овчинников¹, М. В. Лукьяненко²

¹ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Российская Федерация, 662972, г. Железнодорожный Красноярского края, ул. Ленина, 52

²Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660014, Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
E-mail: sibgau-sau@mail.ru

Рассмотрен актуальный вопрос минимизации погрешности вычисления фазового центра антенны относительно солнечно-земной системы координат при прохождении особых точек орбиты. Для решения данной проблемы разработаны алгоритмы упреждающего разворота, которые закладываются на борт космического аппарата (КА) и в аппаратуру потребителя. Разработанные алгоритмы дают возможность определять значение курсового угла КА на участках упреждающего разворота. Знание курсового угла позволяет вычислить поправки к координатам фазового центра антенны. Алгоритмы повышают точность определения координат потребителя на участках упреждающего разворота и являются универсальными для всех типов КА навигационной группировки ГЛОНАСС.

Ключевые слова: орбитальная группировка, упреждающий разворот, курсовой угол, алгоритм прогнозирования, фазовый центр антенны, управляющие воздействия, эталонная модель.