

*CAD, CAE, CAM и PLM системы для разработки космической техники*

2. Беспалов В., Клишин В., Краюшкин В. Развитие систем PDM: вчера, сегодня, завтра... Что такое система PDM сегодня: состав и функциональность. // САПР и графика – (Электронный ресурс: <http://sapr.ru/article/8257>). Дата обращения 09.03.2017.
3. Ларин В.П., Шелест Д.К. Формирование информационного обеспечения надежности бортовой аппаратуры на стадии проектирования // Информационно-управляющие системы. – 2012. – № 4 (59). – С. 93–97.

**КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПАССИВНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
ОРИЕНТАЦИИ ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА****Дамдинов Б.О.<sup>1</sup>**

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., доцент, к.т.н.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [damdinov.94@mail.ru](mailto:damdinov.94@mail.ru)**CONSTRUCTION AND WORKING PRINCIPLE OF THE PASSIVE GRAVITY-GRADIENT  
STABILIZATION FOR SMALL SPACECRAFT****Damdinov B.O.<sup>1</sup>**

Scientific Supervisor: Associate Prof., PhD, Kostyuchenko T.G.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: [damdinov.94@mail.ru](mailto:damdinov.94@mail.ru)

*Рассматриваются пассивные системы ориентации, требующие точного предварительного анализа динамики. В качестве самой оптимальной пассивной системой ориентации взята гравитационная система ориентации. Описан принцип действия такой системы ориентации и предварительная компоновка спутника с этой системой.*

*The passive navigation systems considered demanding the exact preliminary analysis of dynamics. As the most optimum passive navigation system the gravitational navigation system is taken. The principle of orientation of this navigation system and preliminary configuration of the satellite with this system is described.*

В Томском политехническом университете на кафедре точного приборостроения проектируется малый спутник, относящийся к классу микроспутников (массой менее 100 кг).

Одной из главных задач, в которой необходимо находить решение в течение всего использования в космосе искусственных космических аппаратов, является обеспечение их определенного заданного углового движения. Космическому аппарату задается определенное угловое движение относительно заданных ориентиров поворотом вокруг центра масс. В качестве таких ориентиров используют видимые небесные и наземные объекты (такие как звезды, Солнце, линия горизонта) или направления в пространстве (такие как вектор напряжённости геомагнитного поля, вектор скорости набегающего потока воздуха), которые возможно измерить приборами. При этом космический аппарат, к примеру, нижней частью корпуса, на котором закреплены антенна направленного действия и видекамера, в течение всего использования должен быть направлен на центр Земли.

Проектируемый микроспутник имеет характеристики, указанные в табл. 1.

Таблица 1. Основные эксплуатационные характеристики МКА

Характеристика	Значение
Масса МКА, кг	30
Габариты МКА	400x400x400
Система ориентации	пассивная
Исполнительный орган	Электромеханический исполнительный орган на базе двигателя маховика
Тип ориентации	3-х осный

Масса является одной из важнейших характеристик для малого спутника. Для уменьшения массы силовая конструкция малого спутника имеет форму куба, которая состоит из платформы и стоек (рис. 1). Стойки крепятся к платформе с помощью сварки. Платформа имеет монтажные отверстия по всей длине стоек для облегчения веса конструкции, а также придания ей универсальности, т. е. создания и наращивания различных модулей полезной и служебной нагрузок при необходимости.

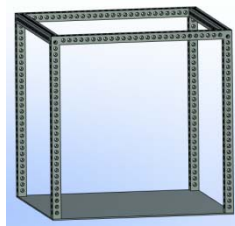


Рис. 1. Силовая конструкция малого спутника

Для ориентации в пространстве искусственного спутника Земли используются два типа систем ориентации: пассивная и активная. Поскольку к малым космическим аппаратам предъявляются достаточно жесткие требования к массе и компактности, то использование на них активной системы стабилизации приводит к значительному увеличению массы конструкции и габаритов самого спутника, а так же спутник придется оснащать дополнительными источниками энергии. Пассивные методы стабилизации различаются в том, что не требуют больших запасов дополнительной энергии на борту космического аппарата. В настоящее время самое широкое распространение имеют следующие пассивные системы ориентации [1]: гравитационная, аэродинамическая, давлением солнечных лучей и вращением.

Поскольку спутник имеет малые габариты, влияние на него со стороны аэродинамических сил и давления солнечных лучей мало. Стабилизация вращением так же будет иметь малый эффект для таких размеров. В большинстве случаев она применяется вместе с активными методами. Оптимально будет использовать гравитационную систему стабилизации. Гравитационная система ориентации основана на использовании гравитационного момента и ориентирует одну из осей космического аппарата по местной земной вертикали, причем одновременно с этим можно ориентировать две другие оси.

Основным элементом гравитационной системы ориентации является гравитационная штанга. В последнее время получили широкое распространение гравитационные штанги, выполненные из упругой ленты, которая трансформируется при выдвижении в трубчатую штангу. Недостатком данного типа гравитационной системы ориентации является то, что в течение эксплуатации происходит деформация штанги от неравномерного теплового нагрева солнечными лучами. Эта проблема решается тем, что для гравитационной ориентации спутника используется дополнительная упругая лента с меньшим диаметром цилиндра, чем у основной ленты. Она наматывается на барабан с внутренней стороны основной ленты совместно с ней. На рис. 2 показана гравитационная штанга ленточного типа.

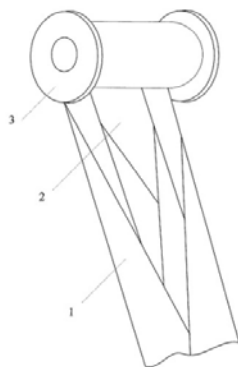


Рис. 2. Гравитационная штанга ленточного типа

1 – Основная упругая лента; 2 – Малая упругая лента; 3 – Барабан

Принцип работы устройства выглядит следующим образом. В результате предварительной термической обработки и накопленной потенциальной энергии упругости ленты 1 и 2 разматываются с барабана 3 и принимают форму цилиндра, образуя штангу. Данная гравитационная штанга будет иметь два цилиндра, расположенных соосно. Один цилиндр будет находиться внутри другого цилиндра большим диаметром. Внутренний дополнительный цилиндр будет образовываться из ленты 2, а внешний основной из ленты 1. Внутренняя штанга будет защищена внешней штангой от теплового действия солнечных лучей. Все это позволит уменьшить ее тепловой изгиб. Также такая конструкция дает достаточно высокую жесткость штанги.

Применение такого типа пассивной гравитационной системы ориентации, малозатратного, простого и надежного в эксплуатации, дает возможность уменьшить погрешности в ориентации гравитационно-стабилизированного МКА вследствие теплового изгиба штанги [2]. В отличие от гравитационной штанги телескопического типа, ленточная штанга имеет меньшую массу. Также ленточная штанга дает возможность иметь длину значительно большую, чем у гравитационной штанги телескопического типа.

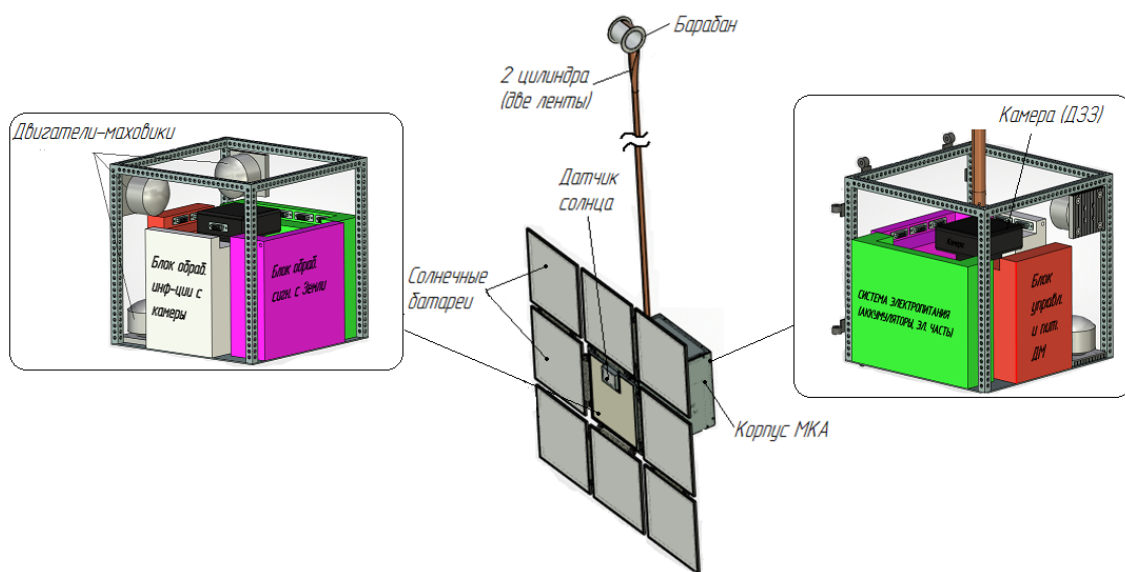


Рис. 3. Внешний вид МКА

Конструкция корпуса, в котором будут расположены все компоненты спутника, будет иметь форму куба. Габариты корпуса не превышают 400 мм (длина, ширина и высота). Солнечные батареи (СБ) имеют форму квадрата. Одна СБ будет находиться непосредственно на одной из граней корпуса МКА, остальные СБ будут расположены по краям одной из граней корпуса МКА. Датчик солнца устанавливается в центре грани, на которой будет установлена одна из СБ. Внешний вид МКА показан на рис. 3. Гравитационная штанга показана условно. Фактическая длина штанги составляет 5205 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю. Лекции по динамике космического полета. – М.: МФТИ, 1997. – 188 с.
2. Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 34–35.

#### **РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ АМОРТИЗАТОРА ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Доржиева С.Б.<sup>1</sup>, Кухарев А.С.<sup>1</sup>

Научные руководители: Дмитриев В.С., профессор, д.т.н.; Костюченко Т.Г., доцент, к.т.н.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dsuranzan@mail.ru

#### **CALCULATION OF THE SHOCK CONSTRUCTION TOUGHNESS FOR THE SPECIAL PURPOSE VENTILATORS**

Dorzheeva S.B.<sup>1</sup>, Kucharev A.S.<sup>1</sup>

Scientific Supervisors: Prof., Dr. Dmitriev V.S.; Associate Prof., PhD, Kostyuchenko T.G.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: dsuranzan@mail.ru

*Настоящая статья посвящена проводимым исследованиям жесткости конструкции амортизатора, предназначенного для установки вентилятора специального назначения с целью снижения акустической нагрузки на окружающее пространство. По результатам проведенных исследований предложена методика расчета жесткости конструкции данного устройства.*

*This article is devoted to the conducted researches of the shock absorber construction toughness. The shock absorber is intended for the installation of the special purpose ventilators in order to reduce the acoustic load on the environment. According to the results of conducted research the method of calculating the toughness of the device construction is proposed.*

В настоящее время в специализированной технике применяются малошумные вентиляторы, которые должны обладать минимальной виброактивностью. Вибрации возникают из-за внешнего воздействия на механическую систему. Такое воздействие может быть вызвано ударной нагрузкой, несбалансированными быстро движущимися частями конструкций приборов, неправильной установкой и эксплуатацией оборудования, а также внешними силовыми воздействиями. Вибрации и внештатный 15-кратный удар при неблагоприятных стечениях обстоятельств могут вызывать значительные деформации и напряжения, что влечёт за собой быстрый износ конструкции и даже частичное или полное её разрушение. Для предотвращения этого вентиляторы устанавливают на амортизаторы, позволяющие снижать вибро- и ударные перегрузки.