

# ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

*Ананьева Е.С.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Бритова Ю.А., ассистент кафедры точного приборостроения*

*Электромеханические и электротехнические изделия должны сохранять свои параметры в пределах норм, установленных в техническом задании или стандартах, в процессе и после воздействия механических и климатических факторов.*

*Для обеспечения высокого качества выпускаемой продукции различного назначения предприятия-разработчики проводят вибрационные испытания на воздействие механических факторов посредством современного испытательного оборудования – электродинамических вибростендов.*

На современном рынке испытательного оборудования представлен широкий выбор вибростендов как российского, так и зарубежного производства. Вибростенды бывают электромеханическими и электродинамическими.

Схема, отражающая принцип действия электродинамического вибростенда, представлена на рис 1.



Рис. 1. Схема принципа действия вибростенда

Сигнал, генерируемый системой управления, подается на усилитель. Затем усиленный сигнал передается на актюатор. В актюаторе электрический сигнал преобразуется в механическое перемещение стола вибростенда, обеспечивая необходимую частоту и амплитуду колебаний. Ускорение колебаний преобразуется снова в

электрический сигнал акселерометром и передается на входной канал системы управления в качестве сигнала обратной связи. С помощью данного сигнала минимизируется ошибка регулирования системы: выход системы управления, усилитель, актуатор, акселерометр, вход системы управления [1].

Существуют как одноосевые, так и многоосевые испытательные системы.

Для установки и фиксации изделий (объектов испытания) на столе вибростенда используются различные приспособления, функция которых – передача вибрации от стола вибростенда к изделию.

Приспособления могут быть как универсальными, так и специальными. Универсальное приспособление используется для испытаний изделий различного типа. Специальное приспособление используется для одного конкретного изделия.

Приспособление должно обеспечивать

- возможность закрепления изделия на вибростенде в соответствии с требованиями технических условий (по трем ортогональным осям изделия);

- значение собственной частоты приспособления должно быть больше минимально требуемого значения собственной частоты изделия;

- удобство монтажа, а также возможность контроля электрических параметров изделия (при необходимости).

Приспособление не должно повреждать места посадок и пристыковок изделия. Крепление приспособления к столу вибростенда осуществляется при помощи болтов или винтов.

Центр тяжести изделия и приспособления следует размещать на одной оси (продольной) арматуры. В противном случае возможно перегрузка объекта испытаний и повреждение вибростенда.

Конструкция вибростенда обеспечивает передачу толкающего воздействия по данной оси арматуры, поэтому смещение изделия и приспособления от продольной оси вызывает "опрокидывание" арматуры. Опрокидывающий момент воспринимается направляющими арматуры, что, в крайнем случае, может привести к повреждению подшипников направляющих и подвижной катушки. Изделие также подвергается воздействию поперечных нагрузок, которые не предусмотрены режимами испытаний. Если приспособление обладает недостаточной жесткостью, то возможно возникновение резонанса в поперечном направлении, при котором на изделие действует значительная неконтролируемая вибрация [2].

Приспособления могут быть различны в зависимости от конструкций и габаритных размеров испытываемых изделий. В качестве примера на рис.2 представлены приспособления в виде а - плиты; б – уголка; в – основания.

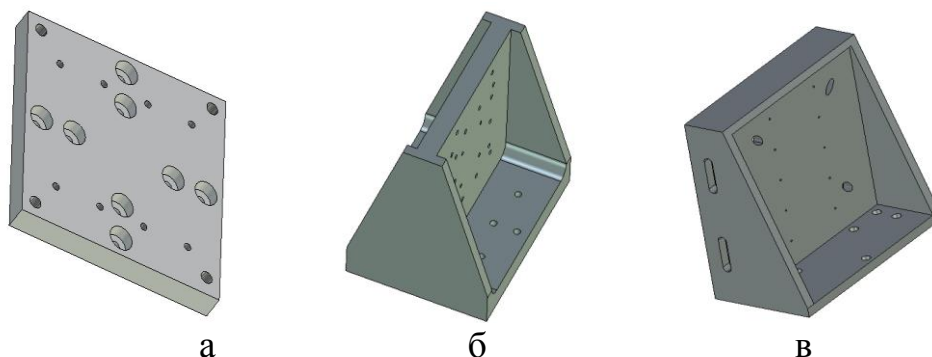


Рис. 2. Конструкции приспособлений

Посредством плиты осуществляется испытание изделия по оси Z, посредством уголка – по осям X и Y, основание позволяет испытывать изделие по всем трем ортогональным осям.

Для выполнения вышеуказанных требований на этапе проектирования приспособлений проводится анализ конструкций посредством современных CAD-систем, например, T-Flex CAD и модуля T-Flex Анализ. T-FLEX CAD предоставляет широкий спектр команд для проведения геометрического анализа 3D-моделей посредством метода конечных элементов. Суть метода конечных элементов заключается в замене исходной 3D-модели на математическую модель, отражающую физическую сущность и свойства исходного изделия.

Для проведения частотного анализа конструкции последовательно выполняются следующие действия [3]:

- создается 3D-модель;
- выбирается оптимальный материал для удовлетворения требований массогабаритных характеристик;
- накладывается конечно-элементная сетка;
- определяется вариант закрепления модели (полное или частичное);
- проводится расчет на собственные частоты и соответствующие им формы мод колебаний.

В системе T-Flex CAD также возможна оценка массоинерционных характеристик моделей.

По результатам проведенных расчетов, возможно, оптимизировать 3D-модель в части массогабаритных характеристик и выбора материала.

Оценив спектр собственных частот колебаний конструкции на стадии проектирования, можно оптимизировать конструкцию с целью достижения условия частотной виброустойчивости.

При анализе конструкций рассматриваемых приспособлений осуществлялся выбор материала, оценивались масса и собственные частоты при различных закреплениях по осям испытания изделия. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

*Таблица 1. Расчет при анализе конструкций приспособлений*

Плита			
параметр / материал	чугун	алюминий	сталь
Масса, кг	36.4	13.1	37.9
Собственная частота, Гц по оси Z	767.4	1167	1339.6
Основание			
Масса (кг)	53	19.1	55.1
Собственная частота, Гц по осям X, Y	107.1	290.8	297.9
Собственная частота, Гц по оси Z	330	690.1	707.4
Уголок			
Масса (кг)	164.6	59.2	171.1
Собственная частота, Гц по осям X, Y (Гц)	207.5	354.1	363.1

Анализ полученных результатов позволяет выбрать оптимальное приспособление удовлетворяющее требованиям массогабаритных и жесткостных характеристик.

По представленному алгоритму в рамках научно-исследовательской работы проектируется приспособление для испытаний электротехнического устройства, предназначенного для питания систем космического аппарата.

Научная-исследовательская работа посвящена рассмотрению эксплуатационных факторов, которая действует на электротехнические

изделия ракетно-космической техники в условиях космического пространства. Особое внимание уделено механическим факторам, воздействующим на бортовые системы ракетно-космической техники на этапе жизненного цикла. Рассматриваются методы испытаний электротехнических изделий на механические внешние воздействующие факторы на этапе изготовления.

При проектировании приспособления необходимо руководствоваться рядом требований:

- приспособление должно обеспечивать возможность закрепления изделия на платформе вибростенда в соответствии с требованиями технических условий (по трем ортогональным осям изделия);

- значение собственной частоты колебаний приспособления должно быть больше минимально требуемого значения собственной частоты изделия;

- центры тяжести изделия и приспособления должны размещаться на одной оси (продольной оси вибростенда, оси действия силы).

- удобство монтажа, а также возможность контроля электрических параметров изделия;

- приспособление не должно повреждать места посадок и стыковок изделия;

- крепление приспособления к платформе вибростенда осуществлять при помощи болтов или винтов.

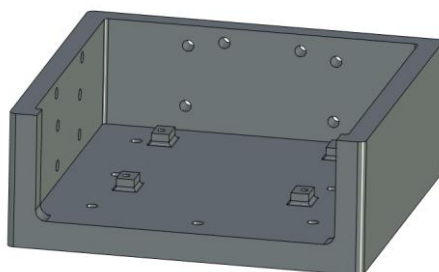


Рис. 3. Конструкция приспособления для преобразователя

На рис.3 представлена конструкция приспособление для преобразователя, позволяющая проводить испытания по трем ортогональным осям. Выполненная по алгоритму на примере рассмотренного выше.

### **Список информационных источников**

1. Маквецов Е.Н., Тартаковский А.М. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры – М.: Радио и связь, 1993.

2. Вибрация в технике. Справочник в 6 томах. – Т.3 Колебания машин, конструкций и их элементов. – М.: Машиностроение, 1980.

3. Все о T-FLEX CAD (<http://www.tflexcad.ru/t-flex-cad/functionality>).

## **КОМБИНИРОВАННАЯ ГРАВИТАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

*Бекасова А.Г., Фролов Р.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Дмитриев В.С., к. т. н., профессор  
кафедры точного приборостроения*

Принцип гравитационной стабилизации объекта, вызванный градиентом гравитационного поля Земли, стал известен после выхода в 1780 г. работы Лагранжа о либрациях Луны. В этой работе были определены условия устойчивых колебаний тела при вертикальной ориентации его продольной оси.

Таким образом, стабилизация искусственного спутника Земли относительно местной вертикали может осуществляться путём использования свойств градиента гравитационного поля Земли с одновременным демпфированием либраций космического аппарата без использования активных управляющих технических систем.

В общем виде гравитационные системы ориентации состоят из гравитационной штанги, на конце которой закреплен груз. Форму такого МКА можно приближенно считать гантелеобразной (штанга, на концах которой закреплены КА и груз). Такой КА при орбитальном полете установится осью минимального момента инерции по нормали к центру Земли (рисунок 1). Однако такой способ позволяет стабилизировать этот КА лишь по двум осям – тангажа и крена. По оси рыскания МКА остается свободным, имея возможность самопроизвольного поворота вокруг этой оси на любые углы. Это ограничивает в некоторых случаях выполнение целевых задач КА, например, ориентирование солнечных батарей по нормали к направлению солнечных лучей.