

самая большая. Выбор этого сопротивления позволит улучшить точность измерения приборов термоэлектрического контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солдатов А.А. Аппаратно-программный комплекс для контроля пластически деформированных металлов дифференциальным термоэлектрическим методом. дис. канд. техн. наук / А.А. Солдатов. – Томск: ТПУ, 2014. – 155 с.
2. Oldham, Kalil T. Swain (2008). The doctrine of description: Gustav Kirchhoff, classical physics, and the "purpose of all science" in 19th-century Germany (Ph. D.). University of California, Berkeley. p.52. Docket 3331743.
3. Croft, Terrell; Summers, Wilford I. (1987). American Electricians' Handbook (Eleventh ed.). New York: McGrawHill. ISBN 0-07-013932-6.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ананьева Е.С.

Научный руководитель: Бритова Ю.А., ассистент, к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E-mail: elena_girl_16@mail.ru

DEVICES FOR VIBRATION TESTS OF PRODUCTS FOR INFLUENCE OF MECHANICAL FACTORS

Ananyeva E.S.

Scientific Supervisor: Ph.D. Britova Yu.A.

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: elena_girl_16@mail.ru

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.

Electromechanical and electrotechnical products have to keep the parameters within the norms established in the specification or standards in process and after influence of mechanical and climatic factors. For quality providing products of different function the enterprise developers carry out vibration tests for influence of mechanical factors by means of the modern test equipment – electrodynamic vibrostands.

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.

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, актюатор, акселерометр, вход системы управления [1].



Рис. 1. Схема принципа действия вибростенда

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.

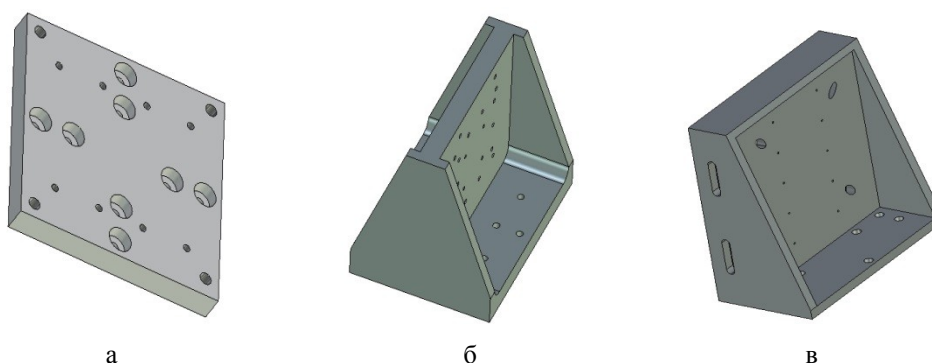


Рис. 2. Конструкции приспособлений

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.

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

В системе T-FlexCAD 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.

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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>).

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКА УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Гореликов Е.Ю., Орлов С.А., Брагин О.А., Прокопьев Ю.М., Прокопьев В.Ю., Задорожный А.М.
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет
Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, 630090
E-mail: Gorelikov.e@gmail.com, sergalor@yandex.ru

EQUIPMENT AND METHODS OF IMPACT LOADING OF SPACECRAFT ON-BOARD EQUIPMENT

Gorelikov E., Orlov S., Bragin O., Prokopen Yu., Prokopen V., Zadorozhny A.
Novosibirsk State University
Russia, Novosibirsk, Pirogova str., 2, 630090
E-mail: Gorelikov.e@gmail.com, sergalor@yandex.ru

В настоящей работе рассматриваются оборудование и методики испытаний на ударное нагружение бортовой спутниковой аппаратуры, проектируемой в НГУ в рамках СЧ ОКР по заказу АО «ИСС». В работе рассмотрены достоинства и недостатки различных методов создания ударных нагрузок на бортовую аппаратуру, описана конструкция ударного стенда, созданного в НГУ. Приведены ударные спектры ускорения, полученные при испытании бортовой аппаратуры в рамках наземной отработки.

This paper considers tools and test method for shock loading of spacecraft on-board equipment, designed at NSU under R&D agreement with JSC "ISS". Advantages and disadvantages of various methods of creating shock loading of a payload are observed. The construction of shock acceleration setup, designed and manufactured at NSU, is described. In addition several SRS are presented as the result of on-board equipment development verification.

Космические аппараты (КА) – сложные электромеханические конструкции, оснащённые бортовой радиоэлектронной аппаратурой. КА и его составные части, начиная со стадии подготовки к эксплуатации и вплоть до выведения на целевую орбиту, подвергаются воздействию различных механических нагрузок (при