

---

# СЕКЦИЯ № 3

## ИСПЫТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

---

### ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ананьева Е.С.<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>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.<sup>1</sup>

Scientific Supervisor: Assistant Lecturer, PhD, Britova Yu.A.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: elena\_girl\_16@mail.ru

*Развитие робототехники в конце 20 века привело к стремительному развитию электронного аппаратостроения, в частности в области радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры. Показатель качества продукции аппаратостроения имеет первостепенное значение, так как он определяет для аппаратуры возможность выполнения ее целевой задачи – нормального функционирования в заданных условиях в течение требуемого времени наработки.*

*The development of robotics in the late 20th century led to the rapid development of electronic instrumentation, in particular in the field of electronic and electronic computing equipment. The product quality index of instrument engineering is of paramount importance, since it determines for the equipment the possibility of fulfilling its target task – normal operation under specified conditions for the required operating time.*

Электротехническое изделие – изделие, в котором возможны протекание следующих процессов, связанных с электрической энергией; такие как: производство, преобразование, передача, распределение и потребление.

Объектом исследования является электротехническое изделие далее преобразователь, предназначенный для обеспечения питанием стабилизированным напряжением как постоянного, так и переменного тока различной аппаратуры, находящейся на борту космического корабля и постоянного тока. Внешний вид преобразователя представлен на рис. 1.

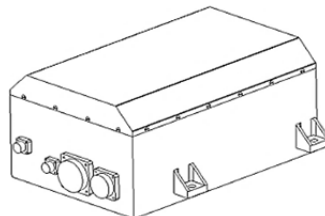


Рис. 1. Электротехническое устройство

Электротехническое оборудование принадлежит к группе, наиболее чувствительной к ударным и вибрационным нагрузкам, потому что имеет в структуре функциональных схем электрорадиоэлементы, установленные на печатных платах.

Продолжительность эксплуатации любого электротехнического оборудования значительно уменьшается при механических воздействиях на него таких как: вибрации, удары, линейные перегрузки, акустические шумы.

Эти механические воздействия как правило возникают при работе двигателей, редукторов, вращающиеся разбалансированные массы, взрывы. Результаты действия их на электротехническое оборудование очень часто приводят: к изменению параметров электротехнических элементов таких как – сопротивление, емкость, индуктивность, магнитная проницаемость; к ухудшению электрических контактов; к наводкам и изменению параметров электрических, магнитных и электромагнитных полей; к деформации электрорадиоэлементов и т. д. [2].

Как следствие этих воздействий на электротехнических элементы, которые могут поменять параметры, либо претерпеть обратимые или необратимые изменения, возникают различные дефекты в работе электротехнического изделия такие как: различные виды помех в каналах передачи информации, снижение точности работы; выходу из строя или полному механическому разрушению элементов конструкции.

При выборе электрорадиоэлементов разработчики руководствуются не только требуемыми электрическими параметрами, но также и механическими, которые указываются в современных справочниках и каталогах.

Печатные платы, кроме размещения на них электротехнических элементов, в целом являются несущим элементом, служат основой для функциональных узлов. При проектировании и изготовлении печатных плат необходимо правильно выбрать материал, более полно отвечающий необходимым конструктивным, технологическим и эксплуатационным характеристикам плат. После выбора всех конструктивных характеристик платы, таких как, толщина, число слоев – рассчитывают допустимую толщину материала с учетом возможности проведения металлизации отверстий необходимого диаметра. Далее определяют марку материала, которая удовлетворяет необходимым электрофизическим и физико-механическим свойствам.

От варианта крепления печатной платы в самом корпусе зависят резонансные частоты и другие механические характеристики. Плохо закрепленная печатная плата будет изгибаться и со временем, после возникновения сначала микротрещин затем трещины, треснет или сломается.

При резких воздействиях, колебаниях температуры, которые постоянно испытывает печатная плата, узлы крепления подвергаются серьезным механическим нагрузкам и как правило наблюдаются разрывы в местах крепления. Как следствие дефектов платы, изложенных выше, происходит разрывы в электрической цепи, что приводит к нарушению работоспособности или полному выходу их строя электротехнического изделия.

Наиболее традиционное крепление печатных плат – винтовое соединение или защелки. В технической литературе приводятся формулы расчета собственных частот колебаний при этих видах крепления печатных плат в корпусе [2].

Так, например, в случае точечного крепления печатных плат (рис. 2) собственная частота колебаний рассчитывается по формуле

$$f_0 = 1,57 \left( A + \frac{1}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{D}{m}},$$

где  $A = 1/a^2$ , при  $n=4$ ;  $A = 4/(a^2 + b^2)$ , при  $n=5$ ;  $A = 0,25/a^2$ , при  $n=6$ ;  $m$  – масса элементов, равномерно размещенных на плате;  $D$  – цилиндрическая жесткость платы;  $a, b$  – длина и ширина платы соответственно.

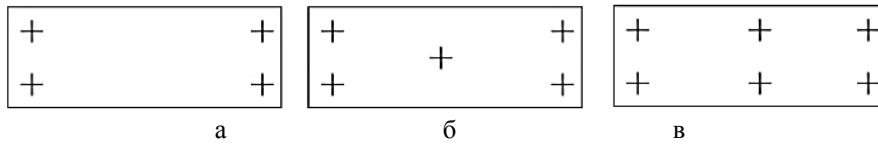


Рис. 2. Точечное крепление печатных плат

$a$  – число точек крепления  $n=4$ ,  $b$  –  $n=5$ ,  $v$  –  $n=6$

Также в литературе приводятся формулы аналитического расчета плат с ребрами жесткости, многослойных плат и плат, крепящихся в направляющих.

На рис. 3 приведено четыре способа крепления печатных плат и соответствующие им коэффициенты усиления  $\alpha$ . Видно, что изменение свободного опирания на жесткое защемление увеличивает первую собственную частоту колебаний примерно в 1,8 раза.

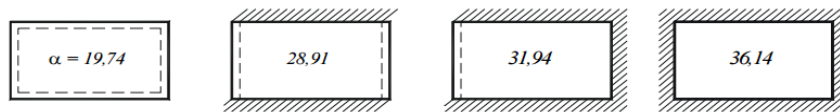


Рис. 3. Коэффициенты  $\alpha$  для различных способов крепления печатных плат

Помимо проведения аналитических расчетов при проектировании конструкции электротехнического устройства проводятся аналитическое моделирование, благодаря использованию современных CAD-систем (T-FlexCAD, SolidWorks, Ansis и т. д.). Посредством подобных систем возможно создание 3D-моделей элементов конструкции устройства (корпусных деталей и печатных плат), с назначением оптимального материала для соблюдения жесткостных и массогабаритных характеристик.

В качестве примера в табл. 1 приведены характеристики основных элементов устройства (основания и печатной платы) [3].

Таблица 1. Характеристики основных элементов устройства

Деталь	Материал	Масса, кг	Частота, Гц
Основание	Алюминий	3,7	820,4
Печатная плата	Стеклотекстолит	0,08	203,7

На рис. 4 представлены формы мод колебаний деталей устройства на первых собственных частотах колебаний.

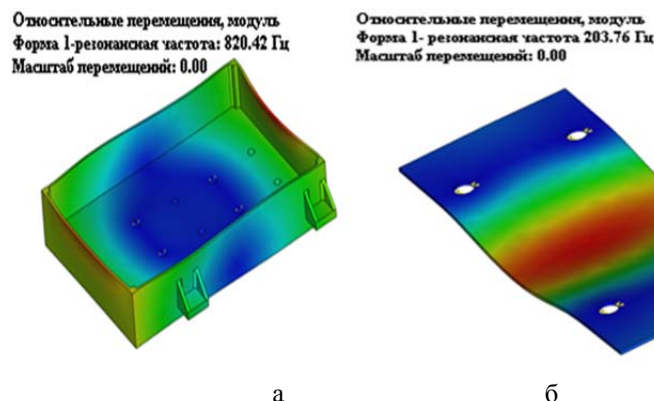


Рис. 4. Детали электротехнического устройства  $a$  – основание,  $b$  – печатная плата

Применение аналитических расчетов и методов моделирования позволяет на этапе разработки электротехнического устройства создать конструкцию, удовлетворяющую предъявляемым механическим требованиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гормаков А.Н., Воронина Н.А. Конструирование и технология электронных устройств приборов. Печатные платы – ТПУ, Томск 2006 г.
2. Талицкий Е.Н. Защита электронных средств от механических воздействий. Теоретические основы: учеб. пособие. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2001. – 256 с.
3. Определение частоты собственных колебаний печатных плат (Электронный ресурс: <http://polosk.narod.ru/units/U5T2.htm>)

#### **ВИБРАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОВЕНТИЛЯТОРА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Григорьев А.С.<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: [agrigoriev177@gmail.com](mailto:agrigoriev177@gmail.com)

#### **VIBRATION OF GENERAL PURPOSE MOTOR FAN CONSTRUCTION**

Grigoryev A.S.<sup>1</sup>

Scientific Supervisor: Assistant Lecturer, PhD, Britova Yu.A.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: [agrigoriev177@gmail.com](mailto:agrigoriev177@gmail.com)

*Электровентиляторы находят применение в системах принудительной приточно-вытяжной и местной вентиляции систем и различных устройств, как в космической, так и морской технике. Проблема вибрации электровентиляторного оборудования является актуальной и требует от разработчиков применения современных методов аналитического и экспериментального анализа всех влияющих факторов.*

*Motor fans find usage in the systems of inflow exhaust and local ventilation of systems and different devices whether space or marine facilities. Vibration issue of motor fan facilities is important today and requires developers to implement modern analytic and experimental study methods of all affecting factors.*

Существует большое количество различных видов и типов вентиляторов. Они могут различаться конструкцией и устройством, способом применения, условиями работы, а так же техническими характеристиками и параметрами. В общем случае вентилятор – ротор, с закреплёнными на нём определённым образом лопастями, приводящий в движения поток воздуха при вращении. Существует несколько видов по типу конструкции вентиляторов, используемых для перемещения воздуха, основными из них являются:

- осевые (аксиальные) – данный вид вентилятора содержит лопасти, которые перемещают воздух вдоль оси, вокруг которой они вращаются;
- центробежные (радиальные) – данный вид вентилятора имеет вращающийся ротор, состоящий из лопаток спиральной формы.
- диагональные – смешанный тип вентилятора, представляет собой смесь осевого и радиального вентиляторов.