

П.В.Кутровский, Е.Н.Талицкий

К вопросу об оптимизации конструкций виброустойчивых ячеек электронной аппаратуры

Приводятся результаты исследований влияния конструкции точечно-закрепленных ячеек электронной аппаратуры (ЭА) на собственную частоту колебаний (СЧК). Показаны возможности оптимизации конструкций ячеек, позволяющие повысить СЧК без ухудшения их конструктивных параметров.

При проектировании ЭА, устанавливаемой на подвижных объектах, возникает необходимость устранения их резонансных колебаний путем повышения СЧК ячеек с целью выведения их за верхнюю границу диапазона воздействующих вибраций. Это достигается увеличением толщины конструкции, применением дополнительных точек крепления и другими способами, которые, как правило, значительно ухудшают конструктивные характеристики (КХ) ячеек (увеличивают массу, уменьшают полезную площадь для монтажа электрорадиоэлементов т.д.). Результаты исследований способов частотной отстройки путем применения дополнительных точек крепления ячеек, применения ребер жесткости и других были опубликованы в работах [1, 2].

Целью данной работы является исследование возможностей повышения СЧК без существенного ухудшения КХ ячеек. Исследования проводились на примере широко используемых в конструкциях ЭА прямоугольных плат точечно-закрепленных в углах (Рис. 1.).

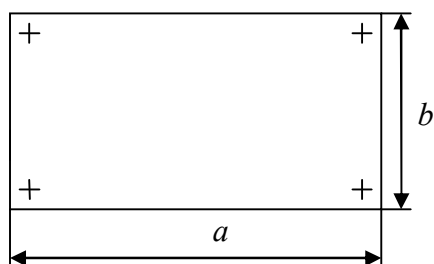


Рис. 1. Прямоугольная плата, закрепленная в четырех точках

соотношении сторон.

Исследовалось влияние на СЧК соотношения сторон ячейки, расположения точек и площади крепления на основе вычислительного эксперимента с использованием системы конечно-элементного анализа ANSYS.

На рис. 2. представлен график зависимости СЧК плат толщиной 0,8 мм и площадью 100, 165 и 300 см², выполненных из стеклотекстолита МИ 1222, при различном

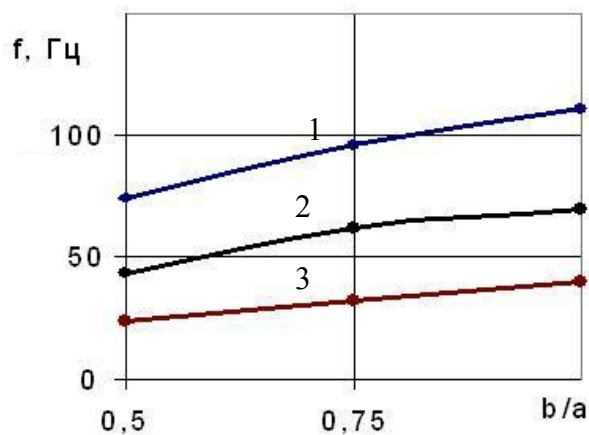


Рис. 2. График зависимости СЧК прямоугольной платы от соотношения сторон: 1 - $S = 100 \text{ см}^2$; 2 - $S = 165 \text{ см}^2$; 3 - $S = 300 \text{ см}^2$

Видно, что при увеличении отношения ширины b к длине a СЧК возрастает и достигает максимума у квадратной пластины ($a=b$). СЧК увеличивается у всех квадратных плат примерно в 1,5 – 1,7 раза по сравнению с платами с соотношением сторон $a/b=0,5$.

Влияние положения точек крепления на СЧК

квадратных плат проводилось также с использованием системы ANSYS следующим образом. За начальное положение точек крепления принималась установка их точно в углах. Затем они “сдвигались” по осям x и y одновременно на 10, 20 мм и так далее. На рис. 3. для примера показано положение точек крепления после второго их “смещения”, то есть на 20 мм, а на рис. 4. результаты исследования.

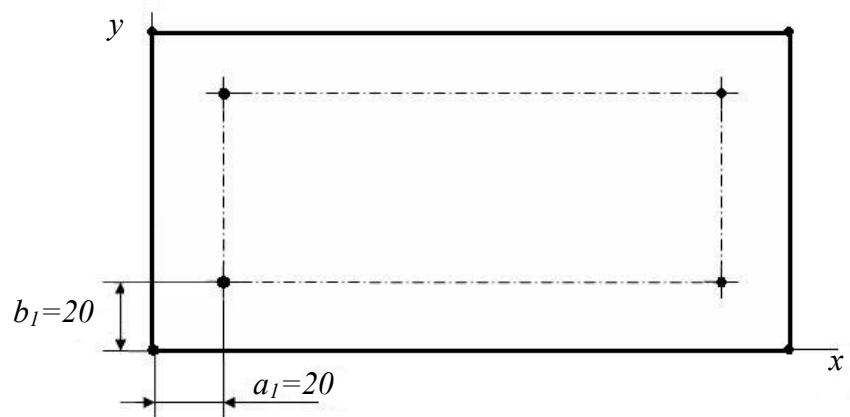


Рис. 3. Пример установки точек крепления

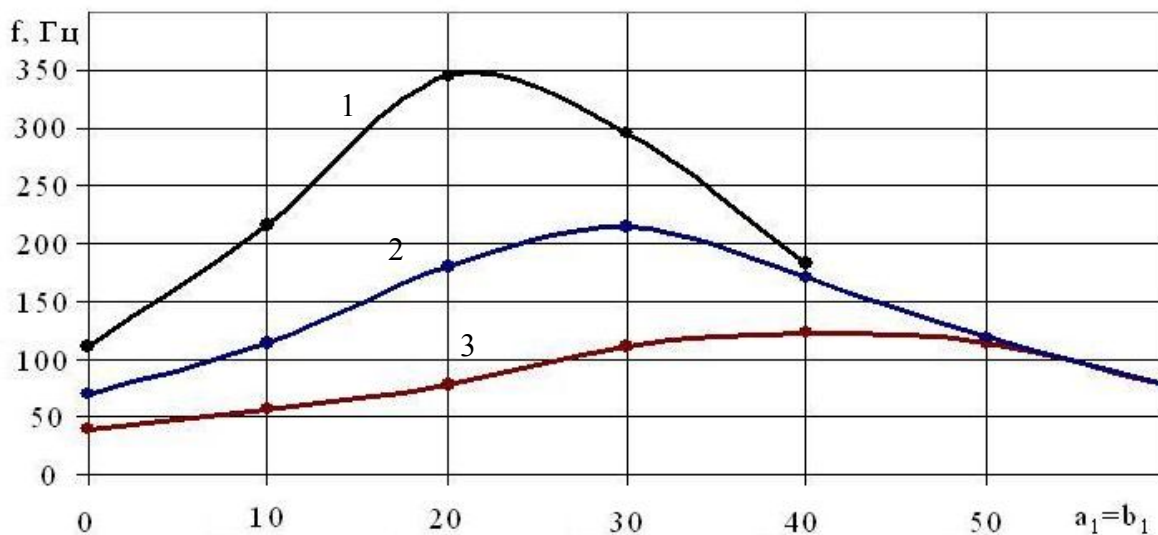


Рис. 4. Зависимость СЧК от установки точек крепления: 1 - $S = 100$ см^2 ; 2 - $S = 165$ см^2 ; 3 - $S = 300$ см^2

Видно, что в зависимости от положения точек крепления СЧК имеет четко выраженный максимум, при этом СЧК может вырастать более чем в три раза при установке точек крепления на расстоянии от края платы равном примерно от 1/5 до 1/3 размера ее стороны. Такой же вывод справедлив и для прямоугольных плат с другим соотношением сторон.

Рассмотренное крепление платы, можно назвать точечным только условно, так как фактически крепление является винтовым или болтовым и происходит по некоторой площади. Поэтому было исследовано влияние площади крепления на СЧК ячейки. Предполагалось, что площадка для крепления имеет прямоугольную форму, как показано на рис. 5.

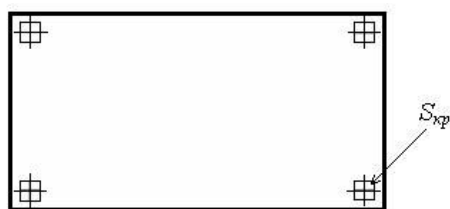


Рис. 5. Плата с площадками для крепления

Результаты исследования для платы оптимизированной по соотношению сторон и положению точек крепления представлены графиком на рис. 6.

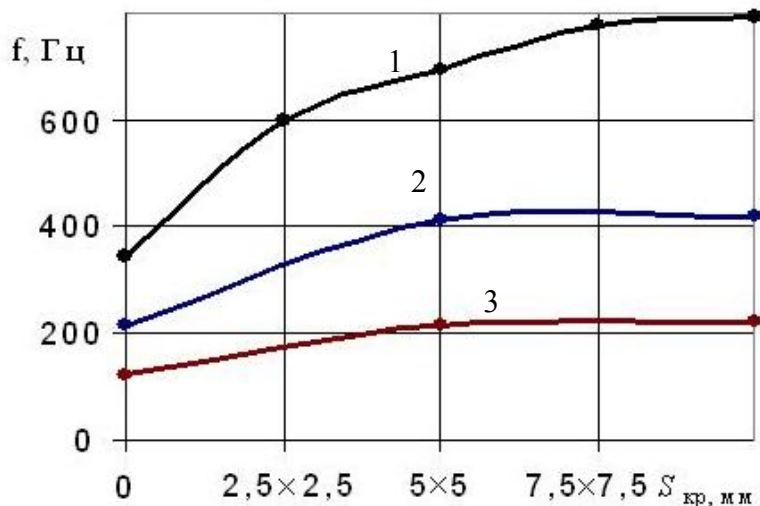


Рис. 6. Зависимость СЧК от площади точечного крепления:

1 - $S = 100 \text{ см}^2$; 2 - $S = 165 \text{ см}^2$; 3 - $S = 300 \text{ см}^2$.

Видно, что СЧК увеличивается, но не так значительно как в предыдущих случаях. Так как увеличение площади $S_{кр}$ приводит к уменьшению полезной площади для монтажа ЭРЭ превышать площадь равную $5 \times 5 = 25 \text{ мм}^2$, по-видимому, нецелесообразно. Но уже и в этом случае СЧК увеличивается примерно на 15 – 20% по сравнению с креплением площадью $2,5 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

Таким образом, проведенные расчеты показали, что оптимизируя конструкцию по соотношению сторон и местам установки опор, а также увеличивая площадь крепления хотя бы до 25 мм^2 можно увеличить СЧК в несколько раз.

Для проверки этого были проведены исследования на электродинамическом вибростенде ВЭДС-200. Первая СЧК для платы размерами $0,8 \times 110 \times 150 \text{ мм}$ и закрепленная винтами на стойках в четырех точках по углам равнялась 132 Гц. При этом площади мест крепления $S_{кр}$ равнялись 25 мм^2 , и стойки находились на расстоянии 5 мм от краев платы. Расчеты с использованием системы Ansys показали, что у квадратной платы такой же площади, то есть оптимизированной по соотношению сторон, оптимальное расстояние стоек крепления от краев должно равняться 30 мм. Эксперимент показал, что первая СЧК возросла до 580 Гц, то есть увеличилась в 4,4 раза. Для сравнения постановка дополнительной опоры в центре платы увеличила СЧК только до 275 Гц, то есть всего в 2,1 раза.

Таким образом, оптимизируя ячейки, установленные на стойках, по соотношению сторон плат, расположению стоек и несколько увеличивая площадки стоек крепления можно значительно повышать первую СЧК без увеличения массы

ячеек и без существенного уменьшения их полезной площади. Это позволяет устранять резонансные колебания ячеек за счет частотной отстройки для электронной аппаратуры, устанавливаемой на наземных транспортных средствах, диапазон воздействующей вибрации у которых не превышает нескольких сотен герц.

Библиографический список

1. Streinberg D.S. Vibration analysis for electronic equipment. – New York, 1973. – 456 p.
2. Фролов В.А. Механические воздействия и защита электронной аппаратуры. – Киев: Высшая школа, 1979. – 128 с.