

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИБРОЗАЩИТЫ ЯЧЕЕК ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Е.Н. Талицкий, д.т.н; С.В. Шумарин

(Владимирский государственный университет)

Многие виды электронной аппаратуры (ЭА), устанавливаемой на подвижных объектах, подвержены интенсивному воздействию вибрации в широком диапазоне частот. Особенно опасно с точки зрения надежности возникновение резонансных колебаний печатных плат (ПП) с устанавливаемыми на них электрорадиоэлементами (ЭРЭ), называемых ячейками ЭА. Для обеспечения надежности ЭА наиболее часто применяют виброизоляцию всего блока ЭА или способы, направленные на устранение (путем частотной отстройки) или уменьшение (путем увеличения демпфирования) амплитуд резонансных колебаний ячеек [1]. Разработка средств виброзащиты конструкций обычно требует много времени и специальной подготовки, которой не всегда обладает радиоконструктор.

Разработанная система автоматизированного проектирования (САПР) «Виброзащита» предназначена для создания виброзащищенных конструкций ячеек ЭА [2]. При ее разработке решались следующие основные задачи: обеспечение виброзащиты и сокращение сроков проектирования ЭА.

Проектируемая ячейка ЭА кроме печатной платы, ЭРЭ и элементов крепления может содержать ребра жесткости и полимерные демпферы в виде слоев и ребер. Ячейки могут иметь одностороннее или двустороннее исполнение. Выбор необходимых при этом параметров конструкционных и вибропоглощающих материалов возможен из интегрированной базы данных. САПР «Виброзащита» обладает полным набором инструментов для ручного проектирования описанных конструкций. Также возможен импорт проекта из САПР печатных плат: P-Cad, Mentor Graphics и др.

В САПР можно выделить несколько основных блоков. В блоке аналитического расчета динамических характеристик рассчитываются

собственные частоты колебаний (СЧК) и амплитуды резонансных колебаний (АРК) ячейки ЭА под воздействием гармонической или случайной вибраций.

Блок проектирования виброзащиты ЭА предусматривает применение одного или нескольких способов в зависимости от рассчитанных СЧК конкретной конструкции. После расчета динамических характеристик ячейки в случае невыполнения требований ТУ конструктору предлагается воспользоваться одним из модулей данного блока: «Частотная отстройка», «Демпфирование» или «Виброизоляция».

Модуль «Частотная отстройка» позволяет устранить резонансные колебания ячеек ЭА за счет уменьшения площади ячейки или увеличения жесткости конструкции путем повышения жесткости крепления, увеличения толщины ячейки или установкой ребер жесткости. Условие отсутствия резонансов выполняется при превышении первой СЧК не менее чем на 30% верхней границы диапазона воздействующих вибраций. Эти способы целесообразно применять при частотах действующих вибраций до 500 Гц. При превышении этого диапазона устранить резонансные колебания практически невозможно без существенного, как правило, недопустимого увеличения массы ячеек ЭА.

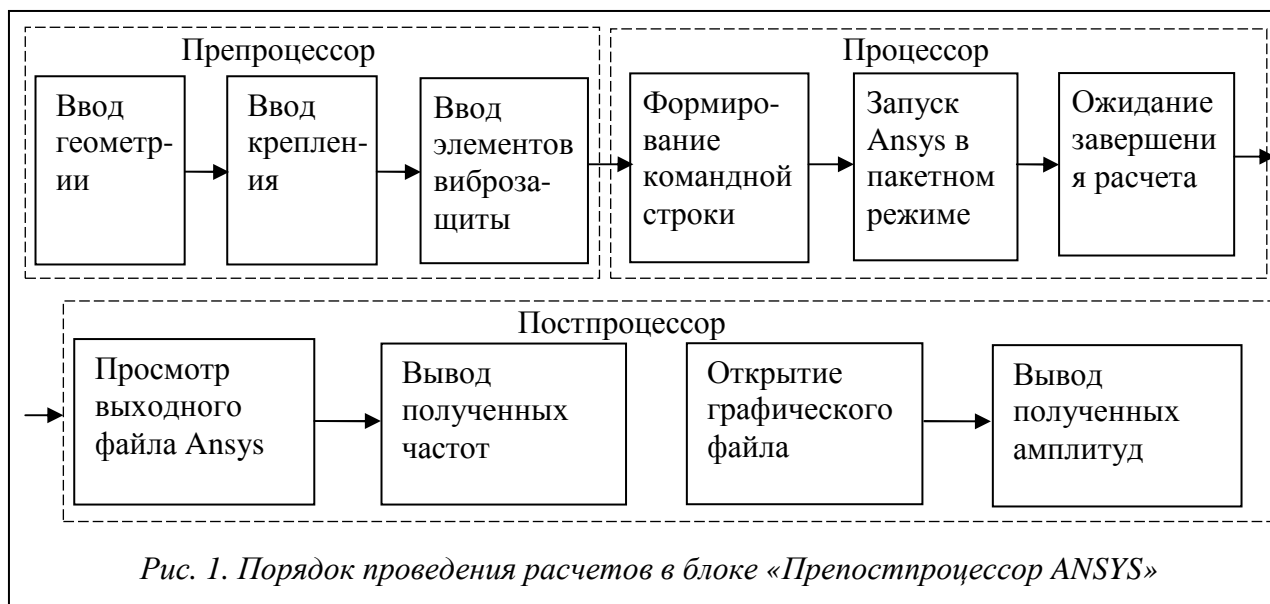
Для уменьшения АРК в более широком диапазоне частот используют методы увеличения демпфирования. Для этого в конструкцию вводят дополнительные элементы из вибропоглощающих материалов, обладающих большим «внутренним трением», которые рассеивают энергию механических колебаний ячеек ЭА, что позволяет ограничить амплитуды колебаний в области резонанса до безопасных значений. Такие элементы, получили название полимерных демпферов. Модуль «Демпфирование» в САПР «Виброзащита» предоставляет возможности применения полимерных демпферов в виде внешних и внутренних слоев, а также демпфирующих ребер. Если резонансные колебания устранены или уменьшены до приемлемого уровня, но виброускорения воздействующей вибрации превышают допустимые значения на ЭРЭ, то применяют полную или локальную виброизоляцию.

Виброизоляция – метод вибрационной защиты посредством устройств, помещаемых между источником возбуждения и защищаемым объектом. Действие виброизоляции сводится к ослаблению связей между источником и объектом. При этом уменьшаются динамические воздействия, передаваемые объекту.

В САПР «Виброзащита» использованы аналитические и численные методы расчета. Численные методы основаны на использовании системы конечно-элементного анализа (СКЭА) «Ansys». Аналитические методы применяются для анализа прямоугольных ячеек с моделями крепления в виде жесткого защемления или свободного опирания и проектирования виброизоляции блока ЭА. Расчет же конструкций ячеек сложной конфигурации и с самыми различными способами крепления проводятся с использованием СКЭА, которая является только вычислителем в рамках рассматриваемого программного комплекса. Интеграция выполнена в виде препостпроцессорной среды СКЭА. Все данные передаются и принимаются в пакетном режиме.

Проектирование конструкций в программном комплексе осуществляется в рамках терминологии, применяемой при конструировании ЭА. Таким образом, препостпроцессорная среда выполняет функции прослойки между конструктором и ядром СКЭА, освобождая проектировщика ЭА от изучения обобщенного интерфейса.

Препостпроцессорная среда «Ansys» служит для анализа и синтеза ячеек ЭА произвольной конфигураций, расчета их СЧК и АРК. Основная задача препостпроцессора – в интерактивном режиме собрать данные для расчета, обработать и сформировать их последовательность на языке команд СКЭА «Ansys» для выполнения расчетов в автоматическом режиме. Результаты расчета в «Ansys» выводятся пользователю в этом же блоке. Схема проведения расчетов показана на рисунке 1.

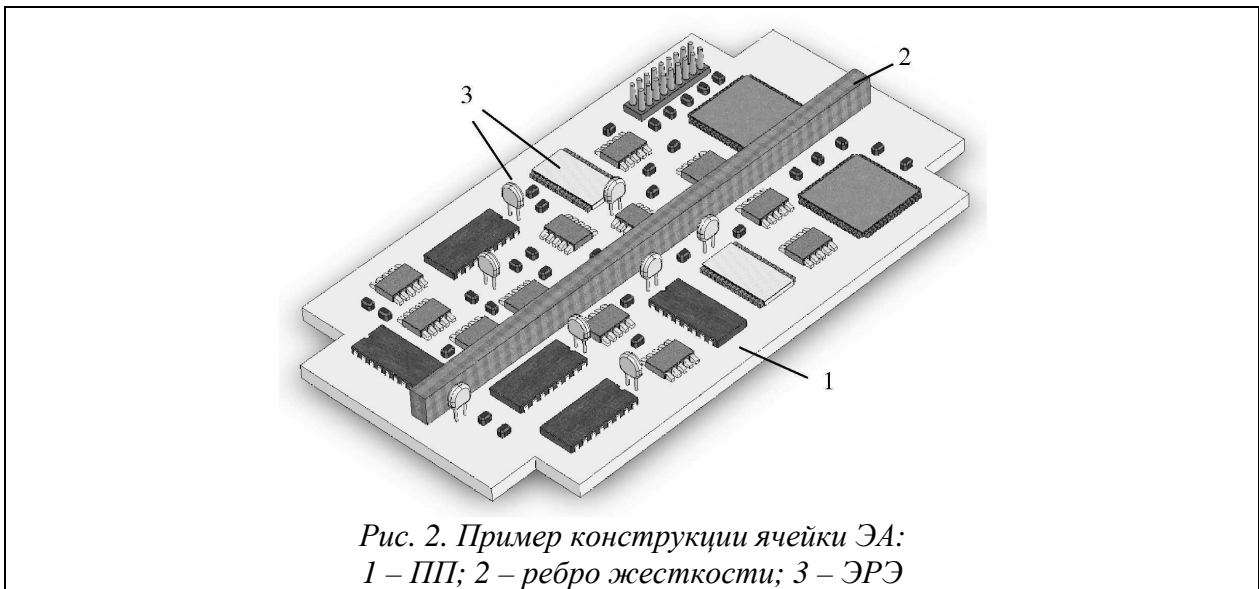


Вывод результатов расчета осуществлен в виде значений спектра резонансных частот и полей распределения амплитуд колебаний с сохранением результатов в форматы TXT и JPG.

В комплексе предусмотрен итерационный метод проектирования, то есть возможность перебора различных вариантов конструкции до получения требуемого результата.

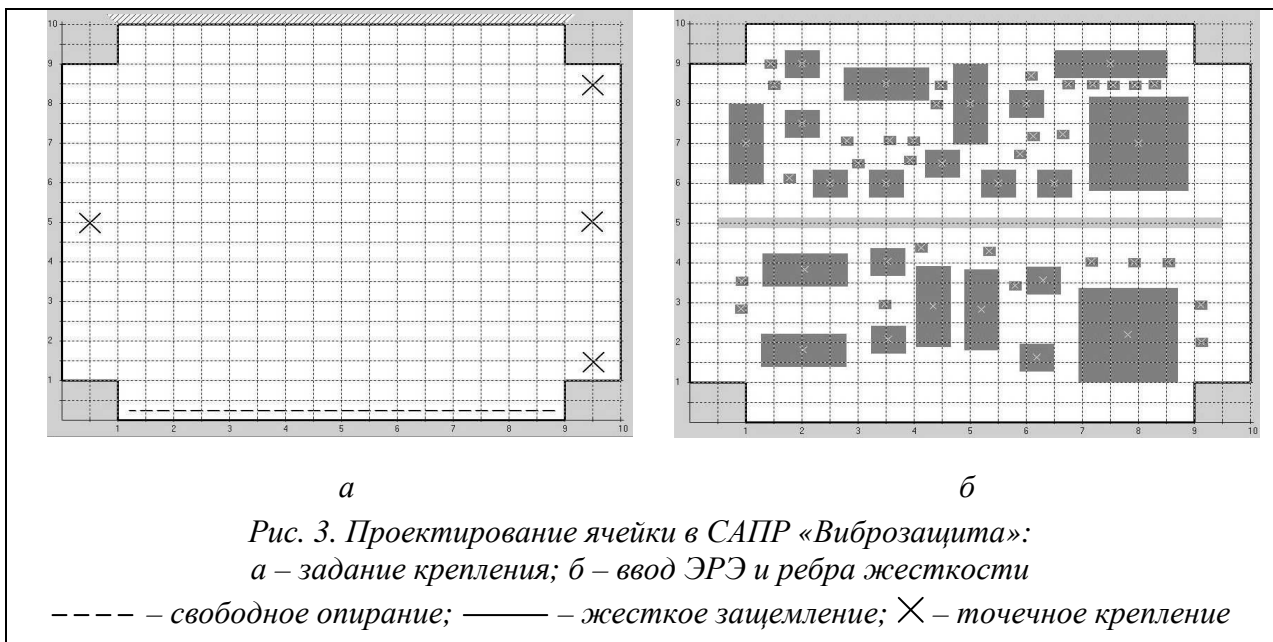
Пусть, например, ячейка ЭА с размерами 135x110x1,5, выполненная из стеклотекстолита СТЭФ (рис. 2), первая СЧК которой равна 325 Гц, виброускорения превышали допустимые вследствие возникновения резонансных колебаний в диапазоне эксплуатации от 0 до 500 Гц. Применение ребра жесткости сечением 4x6 мм (рис. 2) позволило вывести первую СЧК за верхнюю границу вибраций (665 Гц), которая обычно задается для ЭА, устанавливаемой на подвижных объектах на гусеничном ходу (бронетранспортеры и т.п.).

На рисунке 3 показано как задано крепление (рис. 3а) и введены ЭРЭ (рис. 3б). В данном случае задание элементов конструкции проводилось вручную.



*Рис. 2. Пример конструкции ячейки ЭА:
1 – ПП; 2 – ребро жесткости; 3 – ЭРЭ*

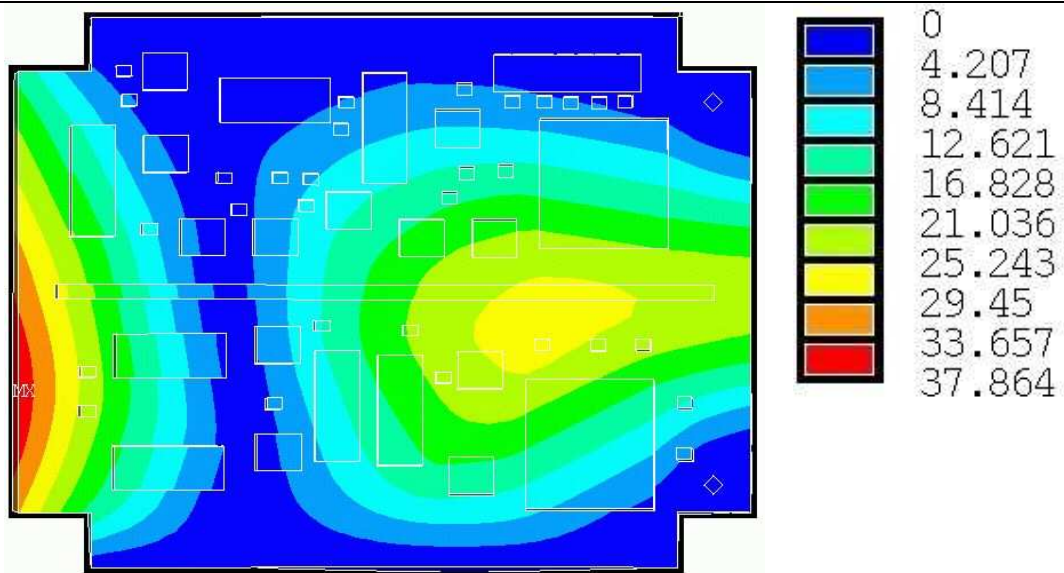
Весь этап проектирования выполнен в виде черчения примитивов в 2d-проекциях, что позволяет практически мгновенно сформировать и модифицировать конструкцию.



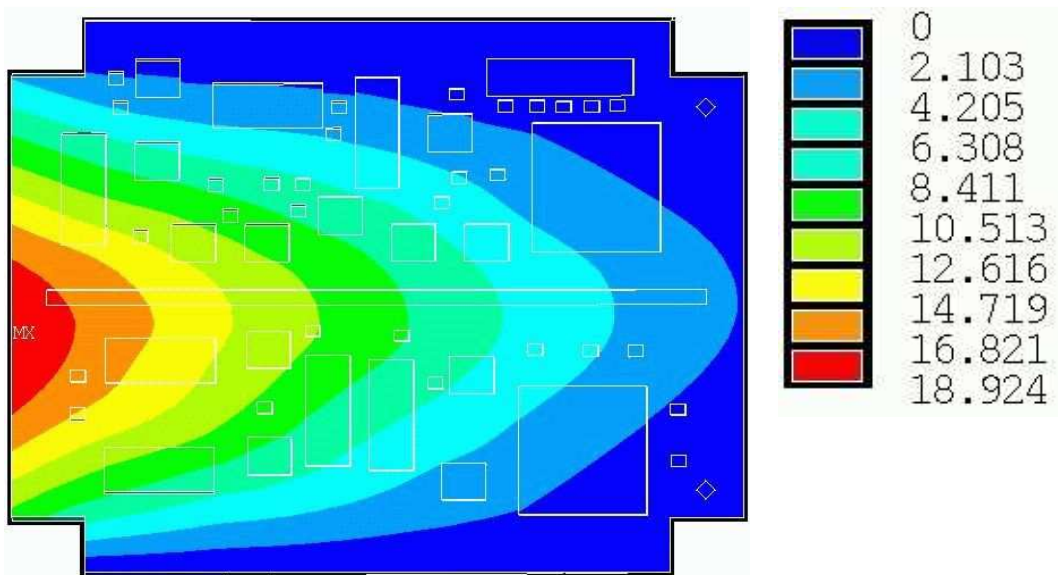
*Рис. 3. Проектирование ячейки в САПР «Виброзащита»:
а – задание крепления; б – ввод ЭРЭ и ребра жесткости*

----- – свободное опирание; ———— – жесткое защемление; X – точечное крепление

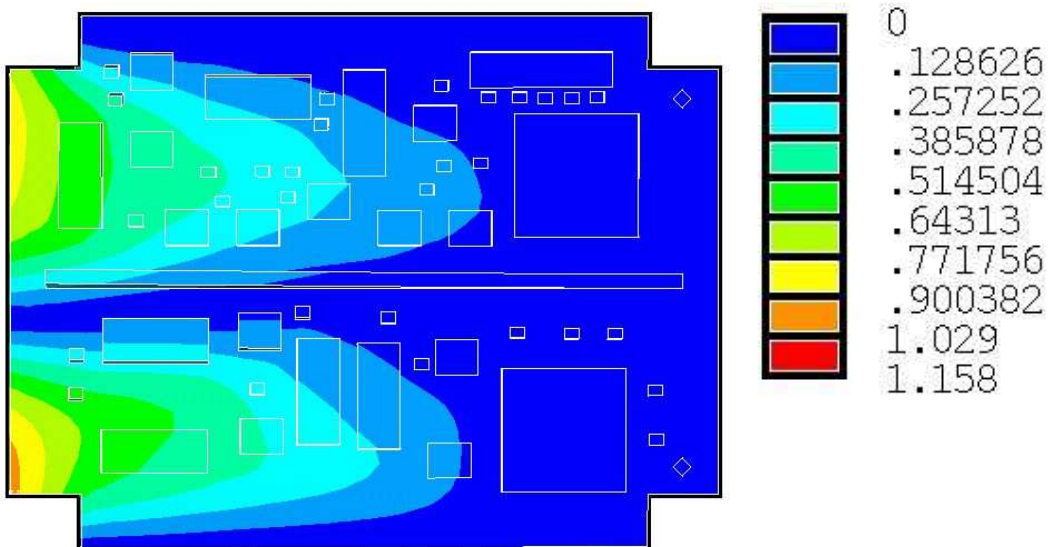
После проведения расчета в САПР «Виброзащита» выводятся результаты в графическом виде. На рисунке 4 показаны поля распределения коэффициента передачи виброускорения для первых трех СЧК конструкции, показанной на рисунке 2. Цифры на рисунке 4 показывают величины коэффициентов передачи виброускорения. Сравнение результатов расчета с экспериментом, проведенном на вибростенде ВЭДС-200 методом резонансных колебаний, показало, что расхождение между расчетными и экспериментальными значениями не превышает 10%.



a



б



в

Рис. 4. Поля распределения виброускорения амплитуд резонансных колебаний в диапазоне от 0 до 500 Гц: а – 665 Гц; б – 734 Гц; в – 840 Гц

Список литературы

1. Талицкий Е.Н. Защита электронных средств от механических воздействий. Теоретические основы: учеб. Пособие. Владим. гос. ун-т. Владимир, 2001. – 256 с.
2. Копылов И.А. Талицкий Е.Н, Шумарин С.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611814 «Программный комплекс проектирования виброустойчивых электронных модулей». Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 25.07.2005. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2005.