

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и
инновациям Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники» (ФГБОУ ВО ТУСУР)


А.Г. Лоцилов

"30"  2022 г.


Отзыв

ведущей организации ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на диссертационную работу Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса на тему «Методика комплексного анализа механических характеристик радиоэлектронных модулей на основе многослойных печатных плат» по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Актуальность темы диссертационной работы.

При транспортировке и эксплуатации радиоэлектронная аппаратура подвергается различным механическим воздействиям, в результате которых может быть нарушено нормальное функционирование как отдельных элементов, так и аппаратуры в целом. Причинами таких воздействий могут быть падения, удары, тряска при перевозке, вибрации, линейные и нелинейные

ускорения на объекте установки и многое другое. Нарушение работоспособности аппаратуры может быть связано с разрушением диэлектрического основания печатной платы, появлением микротрещин в соединениях, отрывом электронных компонентов и др. Чаще всего, все это выявляется на завершающих этапах разработки изделия и может привести к затратным процессам оптимизации конструкции. Поэтому уже на стадии проектирования электронных устройств следует проводить инженерный анализ, учитывать влияние механических воздействий на конструкцию и закладывать проектные решения, снижающие воздействие данных негативных факторов на радиоэлектронные средства.

В настоящее время осуществлять анализ влияния механических воздействий на основные конструктивные элементы электронной аппаратуры - печатные платы - затруднительно, поскольку существует большое разнообразие типов электронных компонентов и способов их установки, повышается интенсивность механических воздействий и их виды. Также стоит учитывать постоянный рост номенклатуры применяемых для изготовления радиоэлектронных модулей технологических материалов, что накладывает дополнительные ограничения на использование существующих методов и автоматизированных средств проведения инженерного анализа.

Учитывая высокую стоимость проверки функциональных, электрических и механических характеристик на испытательных стендах и отсутствие возможности моделирования процессов нарушения контактов «плата-компонент», целесообразно использовать методы комплексного анализа механических характеристик радиоэлектронных модулей с применением возможностей современных средств автоматизированного проектирования и инженерного анализа, которые позволят определить основные механические свойства модулей.

Актуальность темы работы определяется высокой стоимостью проведения натурных испытаний конструкций печатных плат и

необходимостью оценки механических характеристик печатных узлов с целью снижения трудоемкости и стоимостных затрат на проектирование.

В ходе выполнения данного диссертационного исследования были решены следующие задачи: проведено исследование различных видов конструкций электронных средств с определением граничных условий, используемых для моделирования характеристик электронных средств при действии на них внешних механических нагрузок; проведен анализ видов механических нагрузок действующих на радиоэлектронные модули, созданные на основе многослойных печатных плат; предложены математические модели, позволяющие оценить механические нагрузки на паяные выводы компонентов; разработана методика топологического проектирования многослойной печатной платы, с учетом механических нагрузок, позволяющая определять места и количество точек крепления платы к корпусу изделия и целесообразность применения ребер жесткости.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Научная новизна отражена в следующих результатах:

1. Разработана методика проектирования радиоэлектронных модулей, позволяющая сократить время проектирования и как следствие снизить его стоимость, за счет использования базы данных прочностных характеристик паяных соединений компонентов.

2. Для адекватной оценки механических нагрузок на паяные соединения компонентов, устанавливаемых на многослойные печатные платы предложен комплекс математических моделей.

3. Предложенная методика проектирования, подразумевающая предварительное размещение радиоэлектронных компонентов на многослойных печатных платах до выполнения трассировки с возможностью моделирования механических нагрузок, что позволяет провести оценку опасных мест размещения компонентов большой площади, определить

оптимальные точки крепления платы и целесообразность применения ребер жесткости.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных в диссертационной работе, обосновывается корректностью применения методик анализа и оптимизации механических характеристик многослойных печатных плат радиоэлектронных модулей, методов прикладной механики, вычислительной математики, математического моделирования, теории сопротивления материалов, элементов теории статистических вычислений, а также тем, что результаты диссертационной работы нашли применение в разработках акционерного общества Научно-внедренческое предприятие «ПРОТЕК» (АО НВП «ПРОТЕК») и учебном процессе ФГБОУ ВО «ВГТУ», что подтверждено соответствующими актами.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность результатов и выводов, полученных в диссертационной работе, обосновывается корректностью применения методик анализа и оптимизации механических характеристик многослойных печатных плат радиоэлектронных модулей, методов прикладной механики, вычислительной математики, математического моделирования, теории сопротивления материалов, элементов теории статистических вычислений, а также тем, что результаты диссертационной работы нашли применение в разработках акционерного общества Научно-внедренческое предприятие «ПРОТЕК» (АО НВП «ПРОТЕК») и учебном процессе ФГБОУ ВО «ВГТУ», что подтверждено соответствующими актами.

По теме диссертации опубликовано 19 работ: 7 статей в рецензируемых научно-технических журналах, рекомендованных ВАК; три статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, получено одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Положения, выносимые на защиту, прошли апробацию на целом ряде Международных и Российских конференциях и симпозиумах в полной мере.

Соответствие защищаемых результатов паспорту специальности.

Основные результаты диссертационного исследования «Методика комплексного анализа механических характеристик радиоэлектронных модулей на основе многослойных печатных плат» представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует пункту 16 «Разработка научных и технических основ проектирования, конструирования, технологии производства, испытания, и сертификации радиотехнических устройств и систем, включая черно-белые, цветные, спектрзональные, инфракрасные, терагерцовые и многоракурсные телевизионные системы, пассивные и активные системы объемного телевидения, в том числе голографические» специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Рекомендации по использованию результатов, приведенных в диссертации. Применение результатов диссертации целесообразно на предприятиях, входящих в АО «Концерн «Созвездие».

По работе имеются следующие замечания и рекомендации:

1. Из текста диссертации и автореферата не совсем понятен процесс сбора и обработки информации для базы данных прочности и надежности паяных соединений компонентов.

2. Не совсем ясно, можно ли предложенную методику проектирования радиоэлектронных модулей применять к односторонним и двусторонним печатным платам, или же она применима только к многослойным печатным платам и имеет определенные ограничения.

3. В тексте диссертации и автореферата недостаточно внимания уделено методам оценки адекватности результатов моделирования предложенных методов.

4. Не совсем ясно, каким образом в предложенной методике учитывается действие тепла и электромагнитных факторов на размещение компонентов на плате.

Высказанные замечания по работе носят рекомендательный характер и не уменьшают достоинства диссертационного исследования.

Заключение.

Диссертация и автореферат Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую научно обоснованные решения, внедрение которых обеспечивает проектирование радиоэлектронных модулей на основе многослойных печатных плат, с применением комплексного анализа механических характеристик. Текст диссертации соответствует выдвинутым защищаемым положениям. Текст автореферата соответствует тексту диссертации. Личный вклад автора в выполненное исследование освещен в полной мере.

По поставленным задачам, полученным результатам исследования и в целом содержанию диссертационная работа соответствует профилю научной специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Основные результаты работы прошли апробацию на научных конференциях и опубликованы в научных изданиях, 7 статей опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; три статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus. Печатные работы отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, имеющее научную ценность и практическую значимость, удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждений ученых степеней, а ее автор Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса достойна присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» (технические науки).

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании научного семинара кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Протокол № 19 от 30 августа 2022 года.

Отзыв составил доцент кафедры «Конструирования и производства радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО «ТУСУР», к.т.н.



Озеркин Денис Витальевич

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
ФГБОУ ВО «ТУСУР»

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

Телефон: (3822) 51-05-30

E-mail: office@tusur.ru

Веб-сайт: <https://tusur.ru/ru>



/ Кривонозжко Н.Н., и.о. зав. каф. КИПР