

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса** «Методика комплексного анализа механических характеристик радиоэлектронных модулей на основе многослойных печатных плат», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Современные радиоэлектронные средства (РЭС) отличаются повышенной сложностью конструкции. Их эксплуатация часто сопряжена с действием внешних неблагоприятных механических факторов таких как вибрации удары, статические нагрузки и др. Основной несущий узел РЭС-печатная плата, как правило, многослойная испытывает действие этих факторов, которые могут привести к появлениям микротрещин и увеличению переходного сопротивления контактных площадок, что вызывает сбои в работе устройства вплоть до полной потери работоспособности. Кроме того, паяные соединения современных микросхем, расположенных на поверхности печатной платы, особенно микроконтроллеров, процессоров и ПЛИС, имеющих корпуса достаточно большой площади (BGA, QFN, PLCC) испытывают повышенные механические нагрузки, что также негативно сказывается на надежности функционирования устройства. Поэтому место расположения таких компонентов на плате необходимо тщательно выбирать не только с точки зрения электромагнитной совместимости и обеспечения теплового режима, а также с учетом действия механических нагрузок.

Электронные средства специального назначения в силу специфики их работы часто имеют «кассетную» компоновку. В такой конструкции невозможно произвольно выбрать на печатной плате место фиксирующего отверстия- они могут располагаться только по периметру платы. В таких случаях необходимо предпринимать дополнительные меры по уменьшению механических напряжений в областях платы с компонентами большой площади.

Тема диссертации Аль-Араджи З. Х. М. предполагает использование методики при проектировании современных радиоэлектронных средств, имеющих в том числе «кассетную» компоновку позволяющей сократить временные затраты на этапе проектирования путем уменьшения количества доработок конструкции. В связи с изложенным выше, тема является достаточно актуальной.

Научная и практическая новизна работы определяется рядом достигнутых результатов, среди которых стоит выделить:

- комплексную методику проектирования радиоэлектронных модулей на основе МПП, отличающаяся использованием созданной базы данных прочности и надежности паяных соединений компонентов;

- математические модели определения прогиба участков МПП «кассетной» конструкции, позволяющие выявить опасные области для установки компонентов большой площади с учетом координат установки компонентов;



- методику топологического проектирования МПП, основанную на предварительном размещении компонентов и моделировании механических характеристик до этапа трассировки.

Таким образом, основная цель и задачи, поставленные в диссертационной работе, достигнуты. Этот факт подтверждается внедрением результатов работы на профильном предприятии и в учебный процесс.

Автореферат в целом дает достаточно полное впечатление о результатах работы, однако свою очередь, не лишен и ряда недостатков, в числе которых можно отметить следующие:

1) Не совсем понятно, каким образом формируется база данных прочности и надежности паяных соединений компонентов.

2) Непонятно предусматривает ли методика учет тепловой и электромагнитной совместимости компонентов при размещении на плате.

Тем не менее, проведенная апробация работы, основные положения и результаты которой докладывались и обсуждались на ряде конференций и семинаров, свидетельствует о достаточно высоком уровне проведенного научного исследования и значимости полученных результатов.

На основании выше изложенного считаю, что представленная диссертационная работа актуальна и обладает достаточной научной новизной. Перечисленные недостатки не имеют принципиального значения и не снижают научной ценности работы.

Диссертационная работа Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса «Методика комплексного анализа механических характеристик радиоэлектронных модулей на основе многослойных печатных плат» является законченным научным исследованием и в полной мере отвечает требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Доктор технических наук, профессор, Пиганов Михаил Николаевич  
профессор кафедры «Конструирование и  
технология электронных систем и устройств»  
ФГАОУ ВО «Самарский национальный  
исследовательский университет имени  
академика С.П. Королева»

Пиганов М.Н.

443086, г. Самара, Московское шоссе, 34  
e-mail: [kipres@ssau.ru](mailto:kipres@ssau.ru)  
Тел. раб.: 8(846)334-73-43  
Тел. моб.: 8(917)152-32-92

Подпись	<u>Пиганова М.Н.</u>	удостоверяю
в сопровождении деятельности		
Самарского университета		
	<u>И.П. Васильева</u>	
<u>08</u>		<u>20 22</u> г.