

УДК 658.61.011.56

А.М. Синотин, Т.А. Колесникова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОСКИХ ТЕПЛОСТОКОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКЕ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ РЭА

Изложены результаты проведенных экспериментальных исследований о характере влияния плоских теплосток на максимальную температуру в центральной точке тепловых макетов радиоэлектронных аппаратов с плотным монтажом.

**Ключевые слова:** нагретая зона, анизотропное тело, коэффициент эффективной теплопроводности.

### Введение

**Актуальность.** Проектирование оптимального по габаритам и надежности радиоэлектронного аппарата, отвечающего всем требованиям современной электроники, предусматривает строгий учет температурного режима его элементов.

Анализ работ ведущих отечественных и зарубежных специалистов, занимающихся проблемами создания надежных РЭА, показывает, что в настоящее время инженер, работающий в области проектирования аппаратов, должен принимать во внимание не только законы электроники, но и законы переноса и рассеивания тепловой энергии.

Напряженный тепловой режим современных РЭА вытекает из следующих особенностей их конструкций:

- интенсивное рассеивание тепловой энергии. Примерно 90% всех форм энергии превращается в РЭА в тепловую энергию;

- высокая плотность монтажа элементов внутри аппарата и деталей внутри самих элементов, способствующая тепловому контакту (взаимодействию) между элементами. За последние годы плотность элементов РЭА возросла в 10 -100 раз, а плотность деталей в самих элементах в 300 раз;

- низкие, предельные, допустимые значения температур (50°C – 100°C), обеспечивающие надежное функционирование элементов.

Таким образом, мы приходим к необходимости решения ряда теплотехнических задач, связанных с исследованием характера температурного поля аппарата на всех этапах проектирования.

Неправильное размещение одного элемента можно легко выявить и устранить в процессе температурных испытаний. Устранение ошибок в общей компоновке элементов требует в этом случае дорогих переработок всего блока. Поэтому как в нашей стране, так и за рубежом уделяется большое внимание разработке расчетных методов исследования тепловых режимов РЭА.

**Анализ исследований и публикаций.** В монографиях Г.Н. Дульнева с различными соавторами,

Л.Л. Роткопа, Ю.Е. Спокойного, и других авторов обобщены расчетные методы исследования стационарных тепловых режимов РЭА. Работами Н.Д. Криштала, Н.М. Дульневой, В.С. Кондратьева начаты исследования нестационарных тепловых режимов РЭА. В основу этих исследований положено условие постоянства мощности источников энергии.

Зависимость электрического сопротивления ряда элементов от температуры, групповые включения и выключения элементов (особенно типичные для РЭА систем управления) нарушают условие постоянства мощности, т.е. мощность становится функцией температуры и времени.

**Цель исследования.** Экспериментально исследование влияния плоских теплосток на температурное поле в центральной точке нагретой зоны радиоэлектронных аппаратов, работающих в нестационарном режиме.

### Основной материал

Температурные испытания проведены на тепловых макетах радиоэлектронных аппаратов и охватывают класс одноблочных РЭА со средней ( $\eta_m > 1$ ) и высокой ( $\eta_v \gg 1$ ) плотностью монтажа, собранных на малогабаритных радиоэлементах. Их температурные режимы, размеры элементов, плотность размещения элементов на платах и плотность размещения самих плат показывает, что по структуре своего построения нагретые зоны макетов адекватны нагретым зонам РЭА, выполненных на интегральных, микромодульных схемах или малогабаритных радиоэлементах.

Для изготовления плат применялся стеклотекстолит. В качестве тепловых источников использовались резисторы МЛТ-1. Теплосток изготавливались из медной фольги  $\delta = 0,2$  мм.

Крепление плат относительно друг друга производилось четырьмя нетеплопроводными стержнями ( $\lambda_{ст} = 0,1$  Вт / м · град), диаметром  $\varnothing = 0,2$  мм. Макеты подвешивались на нетеплопроводных нитях в камере спокойного воздуха. Один из таких макетов представлен на рис. 1.

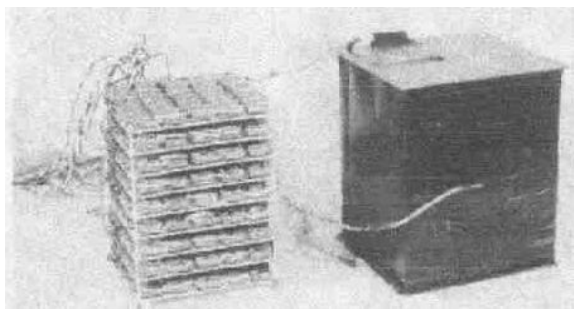


Рис. 1. Нагрята зона и кожух теплового макета

Измерение температур в различных точках тепловых макетов осуществлялось дифференциальными медно – константановыми термопарами, изготовленными из провода  $\varnothing = 0,2$  мм,  $\ell = 1500$  мм, путём сваривания под флюсом в пламени вольтовой дуги. Качество изготовления термопар контролировалось путём измерения омического сопротивления цепи каждой термопары с помощью моста постоянного тока Р316, класса 0,2, ГОСТ 7168 – 86.

Максимальная ошибка измерений составляла  $\pm 0,2\%$  при общем сопротивлении термопары 23 – 24 ома.

Крепление термопар производилось клеем БФ-2 под давлением, чем обеспечивался необходимый контакт.

Питание тепловых макетов осуществлялось от универсального источника питания типа УИП-2, контроль которого производился приборами: сила тока – вольтамперметром М 253, класс точности – 0,5. Напряжение – вольтамперметром М 2007, класс точности – 0,1.

Показания термопар подключаемых к гальванометру ГЗП – 47, во время опытов снимались визуально в делениях прибора через определённые интервалы времени до выхода теплового макета на стационарный режим. Зеркальный гальванометр ГЗП - 47, ГОСТ – 7324 – 75, класс точности 1, 0 был проградуирован совместно с термопарами, с дополнительным сопротивлением МЛТ 2 – 120 ом и двадцати точечным коммутатором. При таком сопротивлении 1 деление гальванометра соответствовало 0,29 град. Коммутатор обеспечивал в процессе тарировки последовательное подключение концов дифференциальных термопар к гальванометру. Этим учитывалось сопротивление проводов и контактов термопар. Стенд для температурных испытаний тепловых макетов представлен на рис. 2.

Разброс показаний для гальванометра ГЗП-47 составлял  $\pm 2$  деления, что соответствует  $\Delta_T = 0,58^\circ\text{C}$ . Средняя квадратичная погрешность серии измерений датчиков (20) шт. составляла  $\sigma = 0,15$ . Таким образом, суммарная максимальная ошибка измерения температуры, вызванная нестабильностью характеристики термопар и тарировкой, составляла

$$\Delta_T = \pm (2\sigma + \Delta_T) \approx \pm 1^\circ\text{C}.$$

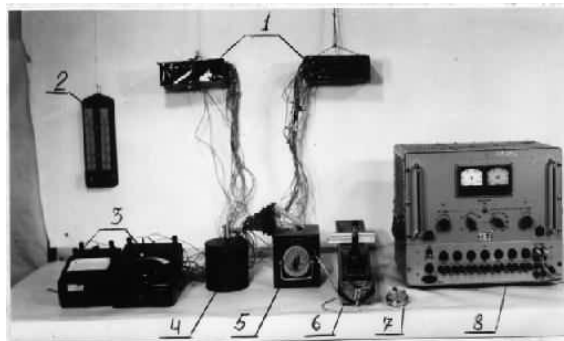


Рис. 2. Стенд для температурных испытаний: 1 – тепловые макеты; 2 – психрометр; 3 – приборы для измерения напряжения и силы тока источников тепла; 4 – сосуд; 5 – коммутатор; 6 – гальванометр; 7 – секундомер; 8 – УИП-2

Нагрята зона теплового макета набиралась из пяти стеклотекстолитовых горизонтально расположенных плат размером  $200 \times 150 \times 1,5$  мм. Высота нагрятой зоны составляла  $2\ell_{г.с} = 60$  мм. Заполнитель между платами – воздух. На каждой плате, равномерно по всей поверхности было размещено по 200 резисторов; 10 рядов, в каждом ряду – 20 резисторов, т.е. был получен плотный монтаж. Общая мощность нагрятой зоны составляла  $P_{сум} = 25$  ватт. Нагрята зона теплового макета РЭА помещалась в кожух, изготовленный из дюралюминиевой фольги  $\delta_f = 0,1$  мм, покрытой чёрным лаком ( $\epsilon = 0,9$ ), размером  $220 \times 170 \times 80$  мм. Зазор между кожухом и нагрятой зоной составлял – 10 мм.

Для увеличения эффективной теплопроводности нагрятой зоны стеклотекстолитовые платы заменялись фольгированным стеклотекстолитом с толщиной фольги 0,1 мм.

Влияние введения теплостоков в нагрятую зону на температурное поле теплового макета показано на рис. 3 (кривая 2).

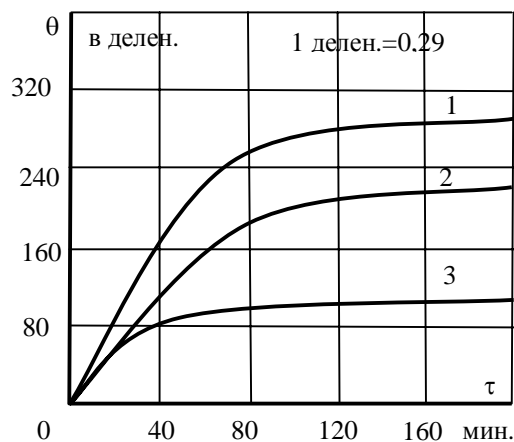


Рис. 3. Значение температуры в центральной точке нагрятой зоны: 1 – при отсутствии теплостоков; 2 – при наличии теплостоков; 3 – при выводе теплостоков на кожух

Аналогичные экспериментальные исследования проведены и для тепловых макетов РЭА, вышеописанной конструкции, когда обеспечивался плотный контакт между теплостоками и кожухом ( $\epsilon'' = \infty$ ), т.е. кожух "садился" на нагретую зону, что обеспечит увеличение коэффициента теплопередачи. Для этого к стеклотекстолитовым платам подклеивалась медная фольга 0,2 мм. Выбор размеров фольги проводился с учётом вывода за пределы платы и изгиба сторон на величину зазора между платами. Фольга по периметру между платами припаивалась, образуя кожух.

Результаты изменения нестационарного поля для центральной точки теплового макета при экспериментальном исследовании представлены на рис. 3 кривой 3.

Анализ графиков, приведенных на рис. 3, показывает, что повышение эффективной теплопроводности нагретой зона за счёт введения теплостоков на платах способствует выравниванию температурного поля блока и снижению общего температурного фона.

Так, повышение эффективной теплопроводности данного блока от 0,2 Вт/м · град до 3,1 Вт/м · град. вдоль плат (x, y) способствует снижению температуры в центральной точке до 22% (кривая 2).

При выводе теплостоков на кожух температурный фон в центральной точке понижается до 50% (кривая 3).

Температура окружающего воздуха и в камере, где проводились эксперименты, контролировалось с помощью ртутных термометров ГОСТ 2823 – 79.

Давление воздуха, измеряемое с помощью барометра, наблюдалось в пределах 760 – 740 мм рт. столба; влажность воздуха в лаборатории, измеряемая помощью психрометра КТЗ – 2, составляла 30 – 40%.

### Выводы

1. В аппарате с плоскими теплостоками в условиях естественной конвекции неравномерность распределения мощности практически не сказывается на максимальном перегреве и способствует выравниванию и снижению температурного поля блока (кривая 2).

2. При выводе теплостоков на кожух температурный фон в центральной точке понижается до 50% (кривая 3).

### Список литературы

1. Синотин А.М. Исследование точности метода многих точек для определения теплопроводности анизотропных материалов / А.М. Синотин // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2004. – Вып. 129. – С. 37-40.

2. Майков И.М. Экспериментальное определение эффективной теплопроводности нагретых зон радиоэлектронных аппаратов / И.М. Майков, А.М. Синотин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО, 1972. – Вып. 2. – С. 23-26.

Поступила в редколлегию 11.04.2011

Рецензент: проф. д-р техн. наук. В.П. Авраменко. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЛОСКИХ ТЕПЛОСТОКОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ТОЧЦІ НАГРІТОЇ ЗОНИ РЕА

А.М. Сінотін, Т.А. Колеснікова

*Висловлені результати проведених експериментальних досліджень про характер впливу плоских теплостоків на максимальну температуру в центральній точці теплових макетів радіоелектронних апаратів з щільним монтажем.*

**Ключові слова:** нагріта зона, анізотропне тіло, коефіцієнт ефективної теплопровідності.

### RESEARCH OF INFLUENCING OF FLAT TEPLOSTOKOV ON TEMPERATURE IN CENTRAL POINT OF THE HEATED AREA REA

A.M. Sinotin, T.A. Kolesnikova

*The results of the conducted experimental researches about the character of influencing of flat teplostokov on a maximal temperature in the central point of thermal models of vehicles radio electronic with the dense editing are expounded.*

**Keywords:** the heated area, anisotropnoe body, coefficient of effective heat conductivity.