

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЛОКА РЭА

Утверждено редакционно-издательским  
советом института  
в качестве методических указаний  
к лабораторной работе  
для студентов

Куйбышев 1985

УДК 621.396.6

В методических указаниях рассматривается методика расчета теплового режима РЭА, методика проведения эксперимента для построения тепловой характеристики объекта исследования.

Методические указания предназначены для студентов радиотехнического факультета, специальности 0705.

Составитель Г.Ф.Краснощекова

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. П.Ю.Грачев,  
Т.Н.Самойлова

Цель работы - выявить влияние конструкции аппарата, его габаритов, условий охлаждения на процесс теплообмена; уяснить методику экспериментального определения характеристик аппарата;

ознакомиться с методикой расчета теплового режима радиоэлектронного аппарата (РЭА).

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Исследование температурных режимов РЭА сводится к определению зависимости температуры перегрева  $\mathcal{V}_i$  блока (или его поверхности) от величины суммарной мощности, рассеиваемой в аппарате, относительно температуры окружающей среды  $t_c$  :

$$\mathcal{V}_i = t_i - t_c = f(P).$$

Зависимость  $\mathcal{V}_i = \mathcal{V}_i(P)$  называется тепловой характеристикой.

Процесс переноса тепловой энергии в аппарате от источников тепла к кожуху и от последнего в окружающую среду очень сложен и зависит от многих факторов, в частности от конструкции аппарата, его габаритов, распределения источников тепла, системы охлаждения и т.д., поэтому точный расчет тепловой характеристики возможен только для тел, имеющих простые геометрические формы.

Наиболее распространенными методами расчета теплового режима конструкции являются методы моделирования с нагретой зоной [1,2]. Радиоаппаратура может иметь одну или несколько нагретых зон. За нагретую зону принимают параллелепипед, площадь основания которого совпадает с площадью шасси, а высота равна средней высоте смонтированных на плате деталей (рис.1).

На основании коэффициентного метода расчета [3] зависимость между перегревом нагретой зоны и влияющими на него параметрами имеет вид

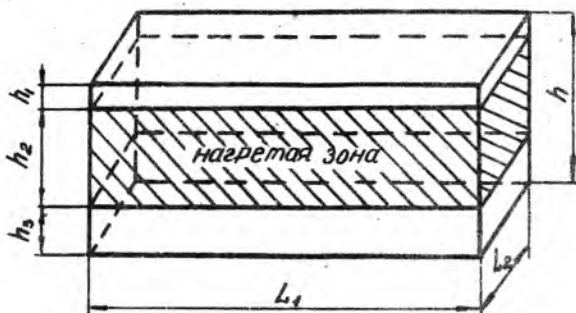
$$\mathcal{V}_3 = \prod_{i=1}^n K_i,$$

где  $\mathcal{V}_3$  - перегрев нагретой зоны относительно температуры окружающей среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$K_i$  - коэффициент, зависящий от  $i$ -го параметра;

$n$  - общее число параметров, влияющих на  $\mathcal{V}_3$ .

В работе приводится инженерная методика расчета тепловых режимов блоков РЭА при воздушном охлаждении [3], выведенная на



Р и с. 1. Схематическая тепловая модель электронного блока

базе эксперимента для РЭА в герметичном и перфорированном корпусе. В результате расчета получено значение температуры нагретой зоны в установившемся режиме.

При отсутствии наружного обдува корпуса и перемешивания воздуха внутри устройства за счет вентилятора выражение для перегрева нагретой зоны имеет вид

$$\tau_3 = K_{q_3} K_{\Pi}, \quad (1)$$

где  $K_{q_3}$  - коэффициент, зависящий от удельной мощности  $q_3$  нагретой зоны, °С;

$$q_3 = \frac{P_3}{S_3}, \quad (2)$$

где  $P_3$  - мощность, рассеиваемая нагретой зоной, Вт;  
 $S_3$  - условная поверхность нагретой зоны, м<sup>2</sup>;

$$S_3 = 2[l_1 l_2 + (l_1 + l_2)h_2 K], \quad (3)$$

где  $l_1, l_2$  - стороны основания нагретой зоны, м;

$h_2$  - высота нагретой зоны, м;

$K$  - коэффициент заполнения блока, т.е. отношение реального объема нагретой зоны к полному объему. В работе коэффициент заполнения принят равным 0,4.

В выражение (1) входит коэффициент  $K_{\Pi}$ , зависящий от коэффициента перфорации, который, в свою очередь, может быть определен как

$$\Pi = \frac{S_n}{2l_1 l_2}, \quad (4)$$

здесь  $S_n$  - площадь отверстий в блоке,

$$S_n = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} + \frac{1}{S_3^2}}, \quad (5)$$

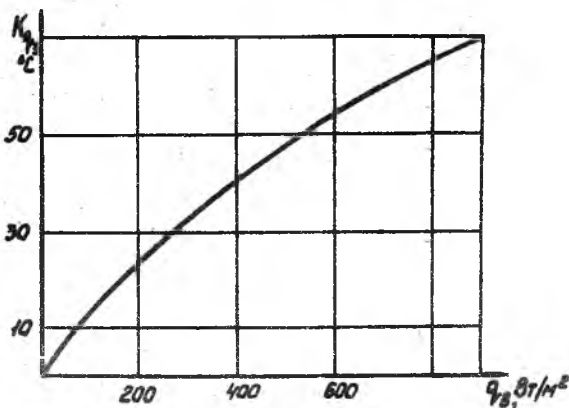
где  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  - площади отверстий в нижней части корпуса (под шасси), в верхней части кожуха (над шасси) и в шасси. В работе отверстия в шасси отсутствуют, так как оно находится практически без зазора от дна корпуса.

Так как методика, по которой проводят расчет, базируется на экспериментальных исследованиях, то значения  $K_{q_3}$  и  $K_n$  определяют из математических выражений

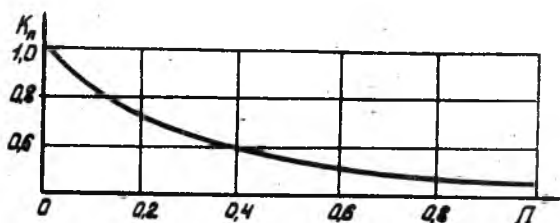
$$K_{q_3} = 0,1390q_3 - 0,1223 \cdot 10^{-3}q_3^2 + 0,0688 \cdot 10^{-6}q_3^3; \quad (6)$$

$$K_n = 0,29 + \frac{1}{1,3 + 4,95\Pi}; \quad (7)$$

Для удобства нахождения  $K_{q_3}$  и  $K_n$  пользуются зависимостями, показанными на рис.2 и 3.



Р и с. 2. Зависимость коэффициента  $K_{q_3} = f(q_3)$



Р и с. 3. Зависимость коэффициента  $K_n = f(\Pi)$

Если корпус устройства герметичный, то  $K_n = 0$  и

$$v_K = K q_K, \quad (8)$$

$$q_K = \frac{P_K}{S_K}, \quad (9)$$

$$S_K = 2 [L_1 L_2 + (L_1 + L_2) h], \quad (10)$$

перегрев корпуса зависит только от удельной мощности  $q_K$ , рассеиваемой корпусом прибора,

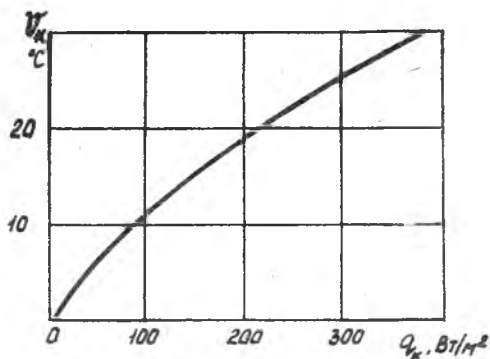
где  $L_1$  и  $L_2$  - соответственно длина и ширина корпуса;

$h$  - высота корпуса.

Подставляя значения (10), приводим выражение (8) к виду

$$v_K = 0,1472 q_K - 0,2962 \cdot 10^{-3} q_K^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_K^3. \quad (11)$$

Эта аналитическая зависимость может быть представлена графически (рис.4).



Р и с. 4. Зависимость перегрева от удельной мощности

Таким образом, расчет ведется в следующей последовательности. По известным габаритам устройства и коэффициенту заполнения определяем  $S_3$  - условную поверхность нагретой зоны и  $S_K$  - поверхность корпуса.

По заданному или расчетному значению мощности, рассеиваемой нагретой зоной, определяются удельные мощности  $q_3$  и  $q_K$ . Рассчитав площади перфорации  $S_{\Pi}$  и зная размеры площади корпуса, определяют коэффициент перфорации и по графикам, указанным выше, находят коэффициенты  $K_{q_3}$  и  $K_{\Pi}$ , после чего - значение перегрева нагретой зоны  $\Delta t_3$ ; по соответствующим графикам устанавливают величину перегрева герметичного корпуса  $\Delta t_K$  в зависимости от мощности при нормальных условиях эксплуатации.

В конце определяется температура зоны с учетом температуры окружающей среды:

$$t_3 = t_c + \Delta t_3.$$

На этом расчет заканчивается, тепловая характеристика определена, т.е. зависимость перегрева или температуры от рассеиваемой мощности может быть построена.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В лабораторной работе исследуется тепловой режим радиоэлектронного блока в условиях естественной конвекции. Рассеиваемая мощность  $P = 20$  Вт. Питание аппарата осуществляется от сети. На передней панели измерительного блока смонтированы стрелочные приборы, специальные переключатели на 9 положений, при помощи которых переключаются рабочие (горячие) спай термопар и "холодный" спай к измерительному прибору для измерения их ЭДС. Кроме того, на передней панели расположен переключатель каналов работы измерительного блока.

Основной метод измерения температуры с помощью термопар является зависимость между электродвижущей силой (термоэдс), образующейся в цепи из двух контактирующих разнородных проводников (электродов), и температурой мест их расположения - спаев. Спай термопар, установленный в объекте измерения температуры, называется рабочим (горячим) спаем, а второй спай - свободным (холодным). Показания прибора-индикатора при измерении температуры с помощью термопар зависят от разности температур

рабочего и свободного спаев и от материалов термоэлектродных проводников. Для измерения температуры в РЭА целесообразно применять термопары, изготовленные из медно-константановых проводов диаметром 0,1-0,5 мм, которые обладают достаточной механической прочностью и при правильном креплении не искажают температурное поле исследуемого объекта. Длина проводов, из которых состоит термопара, выбирается соответственно габаритам объекта испытаний.

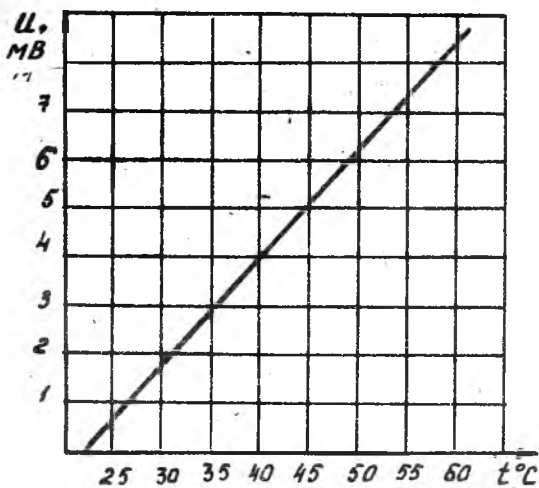
Лабораторная работа должна выполняться в следующей последовательности.

1. Изучить инструкцию к лабораторной работе и теоретические сведения по методике, изложенной в работах [1,2] (во внеурочное время).

2. В лаборатории ознакомиться с лабораторной установкой, а также с методикой измерения на ней. Ознакомиться с конструкцией исследуемого блока.

3. Включить установку.

4. По истечении 10 мин. с момента включения блока измерить температуру в различных точках блока (измерить ЭДС дифференциальных термопар и по графику (рис.5) определять повышение температур в различных точках по сравнению с температурой в точке расположения холодного спая).



Р и с. 5. Градуировочный график термопары



Измерение температуры производить с интервалом в 5-10 мин до установления в блоке стационарного теплового режима. Результаты измерений занести в таблицу.

Интервалы замеров	Температура в блоке (эксперимент)								
	Номера термопар					6	7	8	9
	1	2	3	4	5				
10									
20									
30									
40									
45									

5. Для установившегося теплового режима вычислить: среднюю температуру нагретой зоны

$$t_{зсп} = \frac{\sum_n t_n}{n};$$

- среднюю температуру крышки кожуха

$$t_{крсп} = \frac{\sum_m t_m}{m}.$$

6. Рассчитать теоретически тепловой режим блока по методике, предложенной в данных методических указаниях (во внеурочное время).

7. Сравнить теоретические и экспериментальные данные, для чего вычислить разницу между средними температурами, полученными экспериментально и теоретически:  $\delta = t_{исп}^{расч} - t_{исп}^{изм.}$

8. Снять крышки, закрывающие вентиляционные отверстия, и произвести измерения температуры в блоке по истечении 30-40 мин. в соответствии с таблицей. Вычислить средние температуры нагретой зоны и корпуса. Сравнить результаты, полученные при измерении температур герметичного блока, с результатами по данному пункту.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** При установке крышек на вентиляционные отверстия или их снятии блок должен быть выключен!

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

Размеры блока  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $H$  и толщина стенок, диаметр вентиляционных отверстий, их количество измеряют в ходе выполнения работы. Остальные данные (коэффициент заполнения, расстояние от нагретой зоны до дна и крышки кожуха) задает преподаватель.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель и краткое содержание лабораторной работы.
2. Краткое описание лабораторной установки с перечнем приборов.
3. Расчет температуры нагретой зоны и кожуха.
4. Таблицы и графики эксперимента, график тепловой характеристики.
5. Выводы. В них указывается степень сходимости расчетных и экспериментальных данных, объясняются причины расходимости, дается заключение о точности теоретических расчетов и т.д.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое нагретая зона?
  2. Чем отличается модель от реальной конструкции?
  3. От каких факторов зависит тепловой режим объекта исследования?
  4. Что такое перегрев нагретой зоны, кожуха?
  5. Что представляет собой тепловая характеристика?
  6. От чего зависит перегрев герметичного кожуха?
  7. От чего зависит перегрев перфорированного кожуха?
  8. Что такое условная поверхность нагретой зоны?
  9. Как определить коэффициент заполнения блока и как его величина влияет на тепловой режим блока при естественной конвекции?
  10. Что является основой метода измерения температур с помощью термопар?
- II. Каким образом диаметр термопар влияет на точность измерения температуры в объекте исследования?

12. Что такое стационарный и нестационарный тепловой режим блока?
13. От чего зависит точность расчета температурного поля?
14. Чем эксперимент отличается от расчета?
15. Как площадь отверстий перфорации влияет на тепловой режим?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. -Л.:Энергия, 1968.
2. Дульнев Г.Н., Тарновский Н.Н. Тепловые режимы электронной аппаратуры. -Л.:Энергия, 1971.
3. Роткоп Л.Л., Спокойный С.М. Расчет тепловых режимов радиоэлектронных аппаратов при естественном воздушном охлаждении. - Вопросы радиотехники, 1972, вып.2, сер.18.

Составитель Галина Федоровна Краснощекова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЛОКА РЭА

Редактор Е.Д.Антонова  
Техн.редактор Н.М.Каленик  
Корректор Е.Г.Филиппова

Подписано в печать 10.07.85. Формат 60х84 1/16.  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 1,41. Уч.-изд.л. 1,4. Т.300 экз.  
Заказ № 4214 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Молодогвардейская, 151.

Обл.тип.им. В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.