

3.4. ТЕМПЕРАТУРА РАДИАТОРА ЭЛЕМЕНТА

Исходные данные:

максимальная температура перехода	$t_{n.макс}$
внутреннее тепловое сопротивление прибора	$R_{вн}$
мощность рассеиваемая прибором	$P_{рас}$
температура окружающей среды	t_c
контактное сопротивление прибор – теплосток	$R_{кт}$

Величина $R_{кт}$ лежит в пределах 0,1...1,0 град/Вт.

Последовательность расчета

1. Определяют мощность, которую может рассеять прибор при заданных условиях

$$P_{макс} = \frac{t_{n.макс} - t_c}{R_{вн} + R_{кт} + R_{мс}}$$

где $R_{мс}$ – тепловое сопротивление теплосток (радиатор)-среда. Необходимо выполнить условие $P_{макс} > P_{рас}$.

2. Определяют тепловое сопротивление теплосток – среда.

$$R_{мс} = \frac{(t_{n.макс} - t_c) - P_{рас} \cdot (R_{вн} + R_{кт})}{q \cdot P_{рас}}$$

q – коэффициент учитывающий неравномерность распределения температуры по радиатору ($q \approx 0,9$).

3. Среднеповерхностная температура перегрева радиатора

$$t_m - t_c = P_{рас} \cdot R_{мс}$$

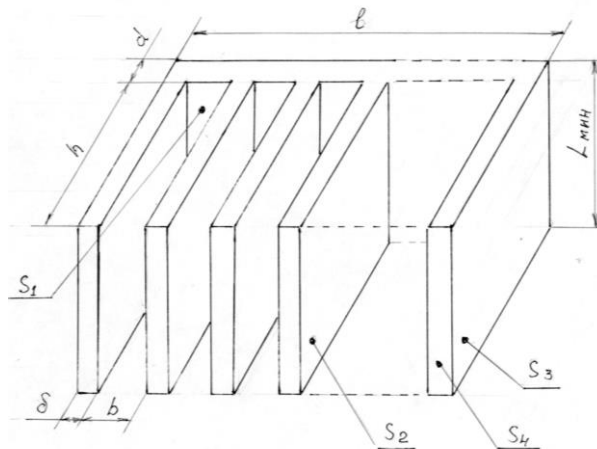


Рис.3.8 Односторонний ребристый радиатор.

4. По Δt из рисунка 3.9. находят минимальную высоту радиатора $L_{мин}$.

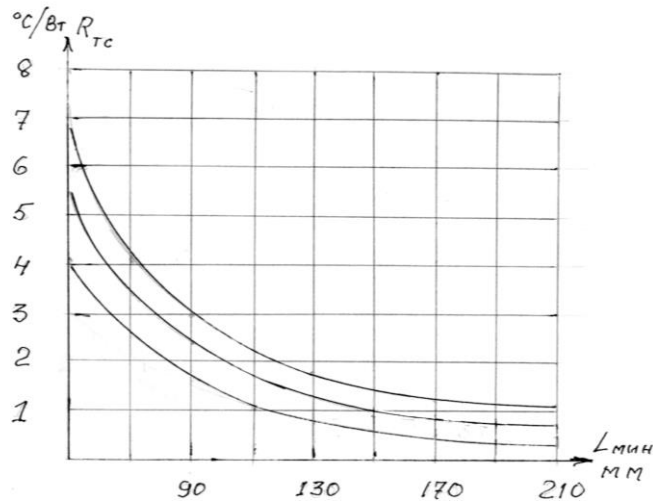


Рис.3.9. Изменение сопротивления R_{tc} от размера ребра радиатора и Δt .
Эта зависимость снята при $t_c = 50^\circ\text{C}$; $\varepsilon = 0,9$; $\delta = 0,2$ см; $h = 30$ мм.

5. Задаются величинами l – ширина радиатора, b – расстояние между ребрами, h – высота ребра, d – толщина основания. Рекомендуется придерживаться следующими соотношениями: при основании радиатора 90×90 мм; $\delta = 3$ мм; $d = 5$ мм; $h = 20$ мм; $b = 12$ мм – при естественной конвекции и $b = 6$ мм – при принудительном движении воздуха.

6. Расстояние между ребрами находят из выражения

$$b = \frac{L_{\text{мин}} - \delta \cdot n}{n - 1}$$

где n – число ребер, δ – толщина ребра.

Расстояние между ребрами определяют из условия $b \geq A$, где A толщина пограничного слоя. При естественной конвекции $A = 8 \dots 10$ мм, при вынужденной конвекции $A \approx 2,5$ мм. Толщина и высота ребра выбираются из условия

$$\frac{\delta}{h^2} \triangleright \frac{\alpha}{\lambda}$$

где h – высота ребра; α – суммарный коэффициент теплоотвода; λ – теплопроводность материала радиатора.

Ширину радиатора " l " определяют по конструктивным соображениям считая $l \approx 0,9 L_{\text{мин}}$.

$$L = n (b + \delta) - b ; \text{ мм}$$

Параметры материалов для радиаторов

	$\gamma = \text{кг/м}^3$	$\lambda = \text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$
Медь	8960	370
Сплавы алюминия	2660	160
Сплавы магния	1760	170
Сталь	7840	55

Степени черноты ε поверхностей некоторых материалов:

Алюминиевый сплав с шероховатой поверхностью.....	0,06...0,07
Алюминиевый сплав окисленный.....	0,20...0,30
Алюминиевый сплав анодированный (черный).....	0,80...0,85
Медь окисленная.....	0,80...0,88

7. Целесообразность оребрения радиатора определяется по критерию Био

$$B_i = \frac{\alpha \cdot \frac{\delta}{2}}{\lambda}$$

$B_i < 1$ – ребро охлаждается;

$B_i > 1$ – ребро изолятор;

$B_i = 1$ – ребро не влияет

8. Всю поверхность радиатора разбивают на части.

S_1 – поверхность между ребрами;

S_2 – поверхность ребер обращенная друг к другу;

S_3 – поверхность крайних ребер;

S_4 – поверхность торцов ребер;

S_5 – неоребренная поверхность.

Неоребренная поверхность $S_5 = l \cdot L$

Оребренная поверхность $S_{орреб} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$

$$S_1 = (n - 1) \cdot (b \cdot L_{мин}),$$

$$S_2 = 2 \cdot h \cdot l \cdot (n - 1),$$

$$S_3 = 2 \cdot (h + d) \cdot L_{ми}$$

$$S_4 = n \cdot [2 \cdot h \cdot \delta + \delta \cdot L_{мин}]$$

9. Находят полные коэффициенты теплоотдачи оребренной и неоребренной поверхностей

$$\alpha_{гл} = \alpha_{л.гл} + \alpha_{к.гл} ; \alpha_{орреб} = \alpha_{л.орреб} + \alpha_{к.орреб} ; \alpha_l = \varepsilon_n \cdot \varphi_{ij} \cdot f(t_m; t_c)$$

Для поверхностей S_1 и S_2 коэффициенты взаимной облученности определяются из графика рисунка 3.10 или рассчитываются по выражению

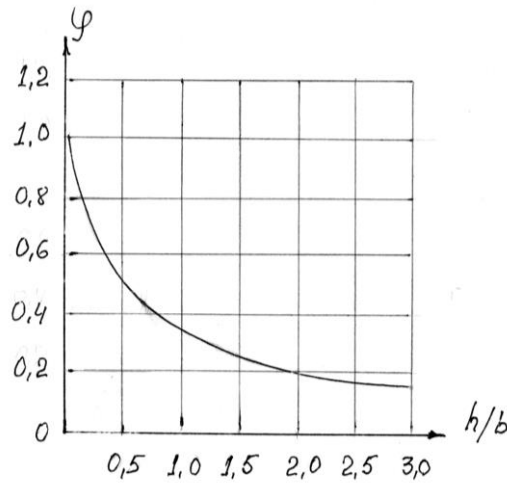


Рис.3.10. Коэффициенты взаимной облученности

$$f(t_m; t_c) = 5.67 \frac{\left(\frac{t_m + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_c + 273}{100}\right)^4}{t_m - t_c}$$

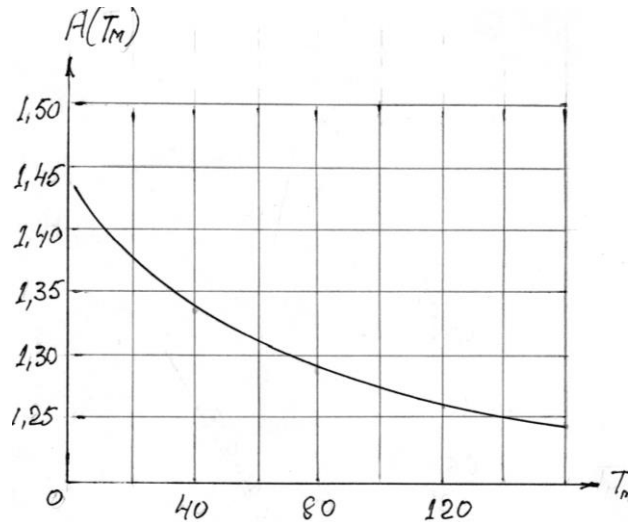
Конвективный коэффициент теплоотдачи определяют из выражения

$$\alpha_k = 5,62 \cdot A(t_m) \cdot B; \text{ Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

где $t_m = 0,5(t_m + t_c)$;

$$B = \left(\frac{t_m - t_c}{L_{\text{мин}}}\right)^{1/4}$$

Величина $A(t_m)$ учитывает свойства среды и находится по графику рис.3.11.

Рис.3.12. Зависимость A от средней температуры

Влияние атмосферного давления на величину $A(t_m)$ находят из графика рис.3.12.

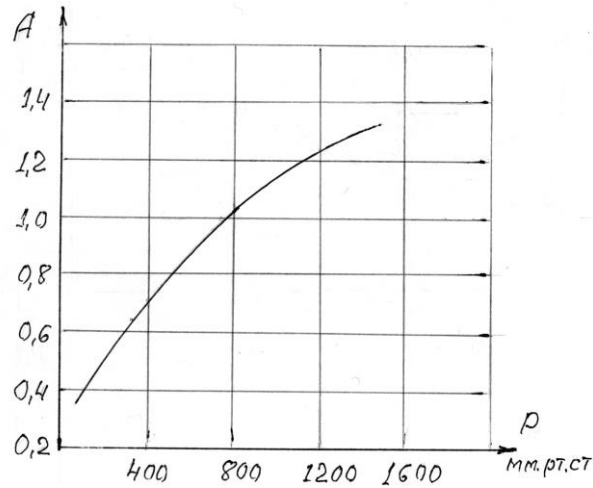


Рис.3.12. Зависимость A от атмосферного давления

10. Находят мощность, рассеиваемую гладкой поверхностью радиатора

$$P_{\text{гл}} = \alpha_{\text{гл}} \cdot S_{\text{гл}} \cdot (t_m - t_c); \text{ Вт.}$$

11. Величина теплового сопротивления гладкой поверхности

$$R_{\text{мс}}^{11} = \frac{1}{\alpha_{\text{гл}} \cdot S_{\text{гл}}}, \text{ } ^\circ\text{C/Вт.}$$

12.. Мощность, рассеиваемая оребренной поверхностью

$$P_0 = \sum P_i = \sum S_i \cdot [\alpha_{\text{ик}} \cdot (t_{\text{им}} - t_{\text{ic}}) + \alpha_{\text{ил}} (t_{\text{им}} - t_c)],$$

где P_i – мощность, рассеиваемая i – той поверхностью;

t_{ic} – температура среды между ребрами.

Температура воздуха вблизи поверхностей S_3 ; S_4 и S_5 равна t_c . Температура воздуха вблизи поверхностей S_1 и S_2 (между ребрами) равна $t_{\text{ic}} = t_m - (t_m - t_c) \cdot H$, где H – относительный температурный напор. t_m – среднесплошностная температура теплового потока. Если ребра располагаются вертикально, то H определяется зависимостью $H = f(\eta)$, где $\eta = A_4(t_m) b C$, где $t_m = 0,5(t_m + t_c)$. $C = (t_m - t_c)^{1/4} / (L)^{1/4}$ (рисунки 3.13 и 3.14)

$t_{\text{ci}} = t_c$ для S_3, S_4, S_5 . $t_{\text{ci}} = t_{\text{ic}}$ для S_1 и S_2 . Конвективный коэффициент торцевых поверхностей ребер принимается равным крайним ребрам.

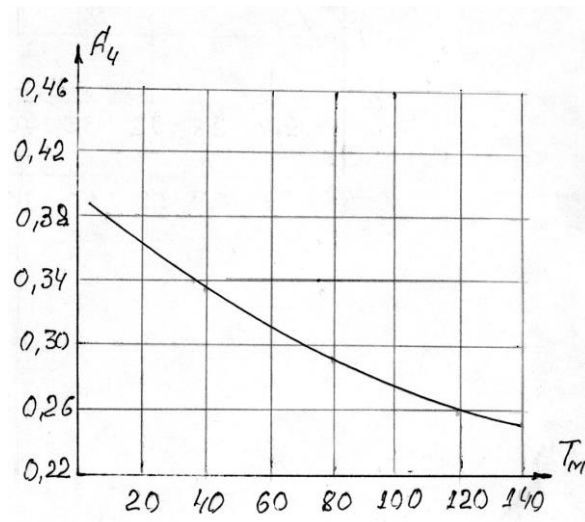


Рис.3.13. Зависимость A_4 от средней температуры t_m .

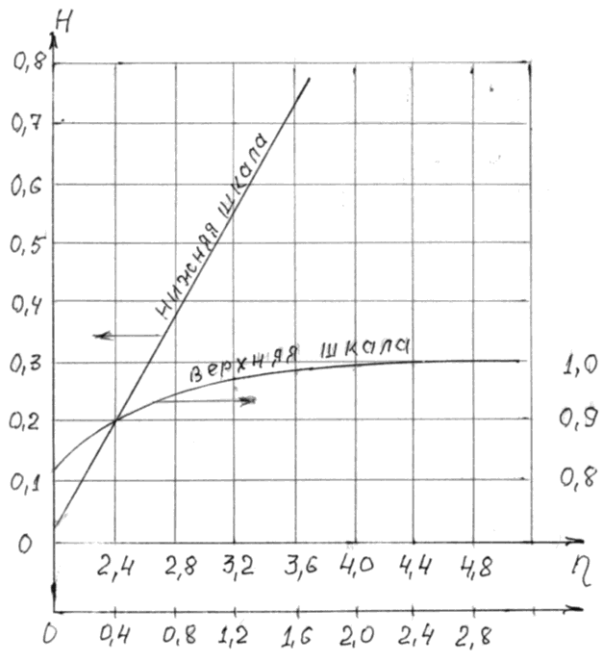


Рис.3.14. Зависимость $H=f(\eta)$

Тепловое сопротивление ребренной поверхности

$$R_{mc}^1 = \frac{t_m - t_c}{P_{ор\epsilon б}}, \text{ } ^\circ\text{C/Вт.}$$

Общее тепловое сопротивление

$$R_{mc}^{расч} = \frac{R_{mc}^1 \cdot R_{mc}^{11}}{R_{mc}^1 + R_{mc}^{11}}$$

Мощность, рассеиваемая радиатором

$$P_{общ.расч} = P_{гл} + P_{ор\epsilon б}, \text{ Вт}$$

Необходимо выполнить условие

$$P_{\text{общ.расч}} \geq P_{\text{исх(расч)}}.$$

Радиатор с двухсторонним оребрением

Расчет двустороннего оребренного радиатора производится по тем же формулам, что и расчет односторонне оребренного радиатора. При этом неоребренную поверхность основания радиатора S_5 замещают соответствующими поверхностями ребер. Для установки полупроводникового прибора на радиаторе, часть ребер должны быть удалены. Это учитывается соответствующим уменьшением площади оребренной поверхности.

Радиатор типа пластины

При расчете пластинчатого радиатора используют расчетные выражения для плоской поверхности. Пластина может быть гладкой или изогнутой в виде буквы "П".