



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Мытищинский филиал
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ космический

КАФЕДРА К2

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №3
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА ЭВМ»

Студент КЗ-66Б

(Подпись, дата)

Несмеянов С.А.
(И.О.Фамилия)

Доцент К2, к.т.н.

(Подпись, дата)

Удалов М.Е.
(И.О.Фамилия)

2025 г.

- 1) Расположение элементов на печатной плате – одностороннее;
- 2) Шаг установки компонентов по оси $X_{rx} = 0.039$ м;
- 3) Шаг установки компонентов по оси $Y_{ry} = 0.047$ м;
- 4) Расстояние от центра компонента до края печатной платы, м – такое, что $k_{\text{комп-ПП}} = 1.14$.
- 5) Коэффициент перфорации корпуса блока $k_{\text{перф}} = 0.25$;
- 6) Мощность, рассеиваемая блоком (ячейкой), $Q_{\text{бл}} = Q_{\text{яч}} = 45$ Вт;
- 7) Давление окружающей среды, Па, $p_{\text{о.с.}} = 1.013 \cdot 10^5$ Па (нормальное);
- 8) Давление воздуха внутри блока, Па, $p_{\text{вн.бл.}} = 1.013 \cdot 10^5$ Па (нормальное);
- 9) Приведенная степень черноты всей поверхности $\varepsilon_{\text{прив.}i} = 0.5$;
- 10) Мощность, рассеиваемая компонентом, $Q_{\text{комп}} \leq 0.223$ Вт;
- 11) Площадь поверхности компонента, $S_{\text{пов.комп}} = 0.00031$ м²;
- 12) Площадь основания компонента $S_{\text{осн.комп}} = 0.0000864$ м² (корпус 2148);
- 13) Толщина зазора между основанием компонента и печатной платы $\delta_{\text{комп ПП}} = 0.001$ м;
- 14) Коэффициент теплопроводности материала, заполняющего зазор между основанием компонента и печатной платой $\lambda_{\text{м.заяз.комп.-ПП}} = 0.01 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ (воздух);
- 15) Коэффициент теплопроводности материала печатной платы $\lambda_{\text{м.ПП}} = 0,372 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ (стеклотекстолит ВФТ-С);
- 16) Эквивалентный коэффициент теплопроводности модуля, в котором расположена микросхема, $\lambda_{\text{экв}}$, при отсутствии теплоотвода $\lambda_{\text{экв}} = \lambda_{\text{п}} = \lambda_{\text{м.ПП}} = 0,372 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;
- 17) Допустимая температура корпуса компонента (интегральная микросхема серии 155) $T_{\text{доп}} = 70$ °C.

Таблица 1.

Вариант Д33.

№ варианта	температура окружающей среды $t_{oc}, ^\circ C;$	длина блока, $l_{бл}, м;$	ширина блока, $b_{бл}, м;$	высота блока, $h_{бл}, м;$	длина нагретой зоны блока, $l_{мм}, м;$	ширина нагретой зоны блока, $b_{мм}, м;$	высота нагретой зоны блока, $h_{мм}, м;$	толщина печатной платы $h_{пт}, м;$	степень черноты корпуса блока $\varepsilon_{корп.г};$	Тепловая схема блока
13	22	0.19	0.09	0.32	0.183	0.062	0.19	0.0011	0.9	1

Расчет теплового режима блока ЭА при естественном охлаждении.

Методика расчета 1-го этапа теплового режима блока ЭА.

Расчет проводится в три этапа. На первом этапе расчет осуществляется методом итераций, в соответствии с которым на первой итерации задается температура корпуса.

1. Определяю площадь поверхностей блока:

для верхней и нижней – $S_{бл.в} = S_{бл.н} = l_{бл} b_{бл} = 0,19 \cdot 0,09 = 0,0171 \text{ м}^2;$

для боковой - $S_{бл.б} = 2(l_{бл} + b_{бл})h_{бл} = 2 \cdot (0,19 + 0,09) \cdot 0,32 = 0,1792 \text{ м}^2.$

2. Задаю перепад температур между корпусом и окружающей средой

$\Delta t_{корп-о.с.} = 10 ^\circ C.$

3. Определяю температуру корпуса блока:

$$t_{корп.бл} = t_{о.с.} + \Delta t_{корп-о.с.} = 22 + 10 = 32 ^\circ C,$$

где $t_{о.с.}$ -максимальная температура окружающей среды, $^\circ C.$

4. Нахожу среднюю температуру между корпусом и окружающей средой:

$$\bar{t}_{корп-о.с.} = \frac{t_{корп.бл} + t_{о.с.}}{2} = \frac{32 + 22}{2} = 27 ^\circ C.$$

5. Определяю закон теплообмена:

$$\Delta t_{корп-о.с.} \leq \left(\frac{0,84}{l_{опри}} \right)^3,$$

где $l_{опри}$ - определяющий размер поверхности, м. Для верхней и нижней поверхностей блока $l_{опри} = \min(l_{бл}, b_{бл})$. Для боковой поверхности блока $l_{опри} = h_{бл}.$

Если данное условие удовлетворяется, теплообмен проходит по закону $1/4$, в противном случае - по закону $1/3$.

Для верхней и нижней поверхности:

$$10^{\circ}\text{C} \leq \left(\frac{0,84}{\min(0,19, 0,09)} \right)^3$$

$$10^{\circ}\text{C} \leq 813^{\circ}\text{C}$$

Следовательно, берем закон 1/4.

Для боковой поверхности:

$$10^{\circ}\text{C} \leq \left(\frac{0,84}{0,32} \right)^3$$

$$10^{\circ}\text{C} \leq 18,1^{\circ}\text{C}$$

Следовательно, берем закон 1/4.

6. Рассчитываю коэффициенты конвективного теплообмена для каждой поверхности блока:

$$a_{\text{конв}i} = k_{\text{пов.бл}i} A_2 \left(\frac{t_{\text{корп.бл}} - t_{\text{о.с}}}{l_{\text{оп}i}} \right)^{1/4},$$

где $k_{\text{пов.бл}i}$ - коэффициент, учитывающий положение поверхностей корпуса блока (для нижней поверхности 0,7, для боковой - 1, для верхней - 1,3);

A_2 - коэффициент, зависящий от $\bar{t}_{\text{корп-о.с}}$ (таб. 2).

Таблица 2.

Значения коэффициента A_2 для воздуха и воды

Среда	Значения A_2 при температуре $\bar{t}_{\text{корп-о.с}}$, °C									
	10	20	30	40	60	80	100	120	140	150
Воздух	1,4	1,38	1,36	1,34	1,31	1,29	1,27	1,26	1,25	1,245
Вода	90	105	127	149	178	205	227	—	—	—

$$a_{\text{конв.н}} = 0,7 \cdot 1,38 \left(\frac{32-22}{0,09} \right)^{\frac{1}{4}} = 3,13;$$

$$a_{\text{конв.в}} = 1,3 \cdot 1,38 \left(\frac{32-22}{0,09} \right)^{\frac{1}{4}} = 5,82;$$

$$a_{\text{конв.б}} = 1 \cdot 1,38 \left(\frac{32-22}{0,32} \right)^{1/4} = 3,26;$$

7. Определяю коэффициент лучистого теплообмена для каждой поверхности блока:

$$a_{\text{л}i} = \varepsilon_{\text{корп.}i} \cdot 5,67 \left(\frac{((t_{\text{корп.бл}} + 273)/100)^4 - ((t_{\text{о.с}} + 273)/100)^4}{t_{\text{корп.бл}} - t_{\text{о.с}}} \right)^{1/4},$$

где $\varepsilon_{\text{корп.}i}$ - коэффициент черноты корпуса блока.

$$a_{\text{л.в}} = a_{\text{л.н}} = 0,9 \cdot 5,67 \left(\frac{\left(\frac{32 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{22 + 273}{100} \right)^4}{32 - 22} \right)^{\frac{1}{4}} = 5,2;$$

$$a_{л.б} = 0,9 \cdot 5,67 \left(\frac{\left(\frac{32 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{22 + 273}{100} \right)^4}{32 - 22} \right)^{\frac{1}{4}} = 5,2;$$

8. Рассчитываю тепловую проводимость между поверхностью корпуса и окружающей средой:

$$\sigma_{т.корп-о.с} = (a_{конв.н} + a_{л.н})S_{бл.н} + (a_{конв.б} + a_{л.б})S_{бл.б} + (a_{конв.в} + a_{л.в})S_{бл.в},$$

где $a_{конв.н}$, $a_{конв.б}$, $a_{конв.в}$ - коэффициенты конвективного теплообмена для нижней, боковой и верхней поверхности корпуса блока соответственно;

$a_{л.н}$, $a_{л.б}$, $a_{л.в}$ - коэффициенты лучистого теплообмена для нижней, боковой и верхней поверхности блока соответственно.

$$\sigma_{т.корп-о.с} = (3,13 + 5,2) \cdot 0,0171 + (3,26 + 5,2) \cdot 0,1792 + (5,82 + 5,2) \cdot 0,0171 = 1,8481$$

9. Рассчитываю перепад температур между корпусом и окружающей средой во втором приближении:

$$\Delta t_{корп-о.с}^* = \frac{Q_{бл}}{\sigma_{т.корп-о.с}},$$

где $Q_{бл}$ - мощность, рассеиваемая блоком, Вт.

$$\Delta t_{корп-о.с}^* = \frac{45}{1,8481} = 24,349 \text{ } ^\circ\text{C}$$

10. Определяем ошибку (точность) расчета:

$$\Delta_p = |\Delta t_{корп-о.с}^* - \Delta t_{корп-о.с}| = |24,349 - 10| = 14,349 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Если $\Delta_p \leq 1$, перехожу к следующему этапу 1-го расчета, если $\Delta_p \geq 1$ - к п. 3 1-го этапа, считая, что $\Delta t_{корп-о.с} = \Delta t_{корп-о.с}^*$.

В моем случае, я провожу еще 2 итерации, чтоб $\Delta_p \leq 1$, при котором $\Delta t_{корп-о.с}^* = 22,22 \text{ } ^\circ\text{C}$, и $\Delta t_{корп-о.с} = 21,92 \text{ } ^\circ\text{C}$.

11. Определяю температуру корпуса с учетом перфорации и поправки на атмосферное давление окружающей среды:

$$\Delta t_{корп-о.с}' = \Delta t_{корп-о.с} \cdot k_{кперф} \cdot k_{p_{о.с}},$$

где $k_{кперф}$ - коэффициент, зависящий от коэффициента перфорации блока $k_{p_{о.с}}$ (рис. 1);

$k_{p_{о.с}}$ - коэффициент, зависящий от атмосферного давления окружающей среды $p_{о.с}$ (рис. 2).

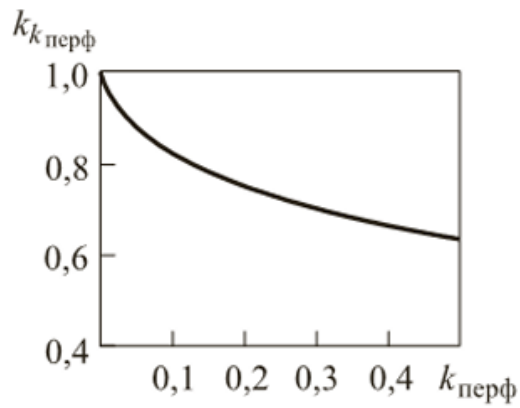


Рис. 1. Зависимость коэффициента $k_{k_{\text{перф}}}$ от коэффициента перфорации корпуса блока $k_{\text{перф}}$.

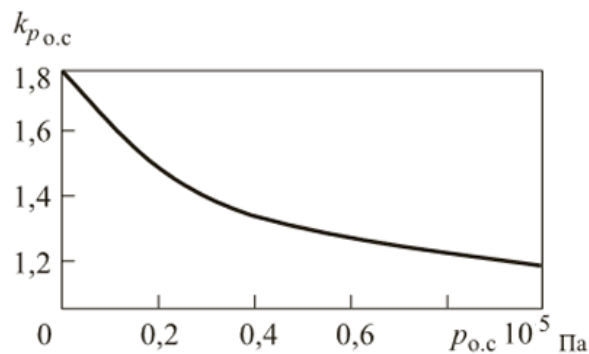


Рис. 2. Зависимость коэффициента $k_{p_{o.c}}$ от атмосферного давления окружающей среды $p_{o.c}$.

По графикам видно, что при $p_{o.c} = 1,013 \cdot 10^5$ Па, $k_{p_{o.c}} = 1,2$, а при $k_{\text{перф}} = 0,25$, $k_{k_{\text{перф}}} = 0,7$.

$$\Delta t'_{\text{корп-o.c}} = 21,92 \cdot 0,7 \cdot 1,2 = 18,41 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

12. Определяю температуру корпуса блока:

$$t_{\text{корп.бл}} = t_{o.c} + \Delta t'_{\text{корп-o.c}} = 22 + 18,41 = 40,41 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Методика расчета 2-го этапа теплового режима блока ЭА.

2-й этап для тепловых схем ТС 1.

Расчет проводится на основе закона Фурье.

1. Определяем площадь контакта между ПП и направляющей:

$$S_{\text{к.ПП-напр}} = 2l_{\text{ПП}} * (h_{\text{ПП}} + h_{\text{напр}}),$$

Где $l_{\text{ПП}}$ – длина стороны ПП, контактирующей с направляющей, м; $h_{\text{ПП}}$ – толщина ПП, м; $h_{\text{напр}}$ – высота (толщина) направляющей, м;

$$S_{\text{к.ПП-напр}} = 2l_{\text{ПП}} * (h_{\text{ПП}} + h_{\text{напр}}) = 2 * 0,7 * (0,0011 + 0,0022) = 0,0046 \text{ м}^2$$

2. Определяем тепловое сопротивление материала в зазоре между ПП и направляющей:

$$R_{\text{т.м.з.аз.ПП-напр}} = \frac{k_{\text{м.ПП}}}{S_{\text{к.ПП-напр}}},$$

где $k_{\text{м.ПП}}$ – коэффициент, зависящий от материала ПП и наличия теплоотвода от неё (от металлической рамки: $1,57 * 10^{-3}$ для ПП из стеклотекстолита без теплоотвода);

$$R_{\text{т.м.з.аз.ПП-напр}} = \frac{k_{\text{м.ПП}}}{S_{\text{к.ПП-напр}}} = \frac{0,00157}{0,0046} = 0,341 \text{ Ом}$$

3. Определяем перепад температур в зазоре между корпусом и МММ:

$$\Delta t_{\text{з.аз.корп-МММ}} = Q_{\text{яч}} R_{\text{т.м.з.аз.ПП-напр}} = 45 * 0,341 = 15,345 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

Где $Q_{\text{яч}}$ – мощность, рассеиваемая ячейкой, Вт.

Расчет передачи теплоты с учетом топологии.

Методика расчета 3-го этапа теплового режима блоков ЭА.

Теплоотводящими компонентами являются интегральные микросхемы, транзисторы, резисторы, диоды.

При расчете необходимо учитывать взаимное расположение компонентов на плате. Необходимо также учитывать положение компонента относительно края ПП и расположение компонентов относительно края ПП и расположение компонентов с одной или с двух ее сторон.

1. Рассчитываю эквивалентные радиусы компонентов:

$$r_{\text{ком}i} = \sqrt{\frac{S_{\text{осн.ком}i}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0000864}{3,14}} = 0,00525 \text{ м},$$

где $S_{\text{осн.ком}i}$ - площадь основания i -го компонента, м^2 .

2. Определяю приведенный коэффициент теплоотдачи:

$$k_{\text{т.прив}} = \sqrt{\frac{17}{h_{\text{пп}}\lambda_{\text{пп}}}} = \sqrt{\frac{17}{0,0011 \cdot 0,372}} = 203,8.$$

3. Вычисляю переменные, зависящие от расстояния между рассчитываемым и остальными компонентами:

$$\chi_i = k_{\text{т.прив}} l_{\text{ц.ан-ком}i},$$

где $l_{\text{ц.ан-ком}i}$ - расстояние между центром анализируемого компонента и центрами i -х компонентов.

По оси X: $l_{\text{ц.ан-ком}x} = r_x = 0,039 \text{ м};$

По оси Y: $l_{\text{ц.ан-ком}y} = r_y = 0,047 \text{ м};$

По оси диагонали Z: $l_{\text{ц.ан-ком}z} = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} + r_{\text{ком}i} = 0,0663 \text{ м}.$

Переменные по осям:

По горизонтали $\chi_x = 203,8 * 0,039 = 7,9482.$

$\chi_x \leq 10$, отсюда два компонента, расположенных по горизонтали оказывают тепловое влияние друг на друга.

По вертикали $\chi_y = 203,8 * 0,047 = 9,5786.$

$\chi_y \leq 10$, отсюда два компонента, расположенных по вертикали оказывают тепловое влияние друг на друга.

По диагонали $\chi_z = 203,8 * 0,0663 = 13,51.$

$\chi_z \geq 10$, отсюда четыре компонента, расположенных по диагонали не оказывают тепловое влияние на центральный компонент.

4. Определяю перепад температур между компонентом и МММ, т.е НЗ:

$$\begin{aligned} \Delta t_{\text{комп-МММ}} = & k_{\text{комп-ПП}} \left(\frac{Q_{\text{комп}}}{a_{\text{конв}}(S_{\text{пов.комп}} - S_{\text{осн.комп}}) + \frac{1}{\frac{\delta_{\text{комп-ПП}}}{\lambda_{\text{м.заз.комп-пп}}\pi r_{\text{комп}}^2} + \frac{1}{k_{\text{расп1}} + \pi k_{\text{расп2}} r_{\text{комп}} \lambda_{\text{п}} \delta a_{\text{конв}} k_{\text{т.прив}} \frac{K_1(k_{\text{т.прив}} r_{\text{комп}})}{K_0(k_{\text{т.прив}} r_{\text{комп}})}}} \right) + \\ & + \sum_{i=1}^{n_{\text{комп.т.вл}}} \frac{Q_{\text{комп}}}{a_{\text{конв}i}(S_{\text{пов.комп}i} - S_{\text{осн.комп}i}) \left(1 + \left(\frac{\delta_{\text{комп-ПП}i}}{\lambda_{\text{м.заз.комп-пп}i}\pi r_{\text{комп}i}^2} + \frac{1}{S_{\text{пов.комп}i} - S_{\text{осн.комп}i}} \right) \right)}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cdot \frac{\frac{K_1(\chi_i)}{K_0(k_{\text{т.прив}} r_{\text{компи}})}}{k_{\text{расп1}i} + \pi k_{\text{расп2}} r_{\text{компи}} \lambda_{\text{п}} \delta_{\text{п}} k_{\text{т.прив}} \frac{K_1(\chi_i)}{K_0(k_{\text{т.прив}} r_{\text{компи}})}} = \\
& = 1,14 \left(\frac{0,15}{40 \cdot (0,00031 - 0,0000864) + \frac{0,001}{0,01 \cdot 3,14 \cdot 0,00525^2} + \frac{1}{2 + 3,14 \cdot 0,000216 \cdot 0,00525 \cdot 0,372 \cdot 0,0011 \cdot 0,0015 \cdot 203,8 \cdot \frac{0,53545}{0,3813}}} \right) + \\
& + \frac{0,15}{40 \cdot (0,00031 - 0,0000864) \cdot \left(1 + \left(\frac{0,001}{0,01 \cdot 3,14 \cdot 0,00525^2} + \frac{1}{0,00031 - 0,0000864} \right) \right)} \cdot \\
& \cdot \frac{\frac{0,000164}{0,3813}}{2 + 3,14 \cdot 0,000216 \cdot 0,00525 \cdot 0,372 \cdot 0,0015 \cdot 203,8 \cdot \frac{0,000164}{0,3813}} + \\
& + \frac{0,15}{40 \cdot (0,00031 - 0,0000864) \cdot \left(1 + \left(\frac{0,001}{0,01 \cdot 3,14 \cdot 0,00525^2} + \frac{1}{0,00031 - 0,0000864} \right) \right)} \cdot \\
& \cdot \frac{\frac{0,000029}{0,3813}}{2 + 3,14 \cdot 0,000216 \cdot 0,00525 \cdot 0,372 \cdot 0,0015 \cdot 203,8 \cdot \frac{0,000029}{0,3813}} = 17,43 \text{ } ^\circ\text{C},
\end{aligned}$$

где $a_{\text{конв}}$, $a_{\text{конв}i}$ - коэффициенты конвективного теплообмена рассчитываемого и расположенного рядом компонентов соответственно (рис. 4);

$S_{\text{пов.комп}}$, $S_{\text{пов.компи}}$ - площади поверхности рассчитываемого и расположенного рядом компонентов соответственно, м^2 ;

$S_{\text{осн.комп}}$, $S_{\text{осн.компи}}$ - площади основания рассчитываемого и расположенного рядом компонентов соответственно, м^2 ;

$\delta_{\text{комп-ПП}}$, $\delta_{\text{комп-ПП}i}$ - зазор между компонентом и ПП, м;

$\lambda_{\text{м.заз.комп-ПП}}$, $\lambda_{\text{м.заз.комп-ПП}i}$ - коэффициент теплопроводности материала зазора между компонентом и ПП, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

$k_{\text{комп-ПП}}$ - коэффициент, учитывающий расположение компонента относительно края ПП;

$k_{\text{расп1}}$ и $k_{\text{расп2}}$ - коэффициенты, учитывающие одно- или двустороннее расположение компонентов ($k_{\text{расп1}} = 1$, $k_{\text{расп2}} = 0$ - для двустороннего расположения элементов; $k_{\text{расп1}} = 2$, $k_{\text{расп2}} = 2,5\pi r_{\text{компи}}^2$ - для одностороннего расположения элементов);

$n_{\text{комп.т.вл}}$ - число компонентов, оказывающих тепловое влияние на рассчитываемый компонент;

$K_0(\chi_i)$, $K_1(\chi_i)$ - модифицированные функции Бесселя.

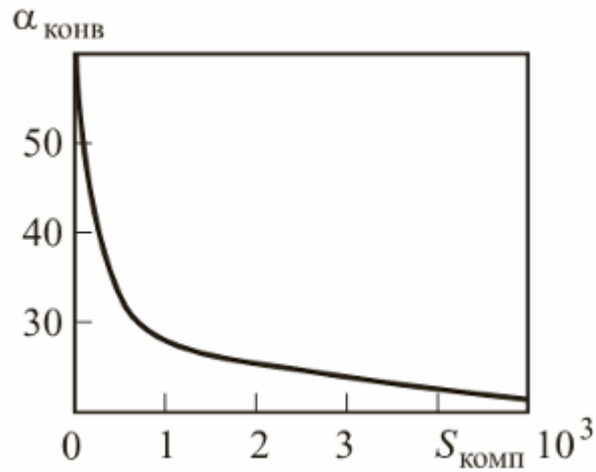


Рис. 4. Определение коэффициента конвективного теплообмена

По графику видно, что при $S = 0.00031$, $a_{\text{конв}} = a_{\text{конв}i} = 40$.
Используя wolfram:

$$K_1(k_{\text{т.прив}} r_{\text{комп}}) = 0,53545 \text{ (рис. 5);}$$

$$K_0(k_{\text{т.прив}} r_{\text{комп}}) = 0,3813 \text{ (рис. 6);}$$

$$K_1(\chi_x) = 0,000164 \text{ (рис. 7);}$$

$$K_1(\chi_y) = 0,000029 \text{ (рис. 8);}$$

FROM THE MAKERS OF WOLFRAM LANGUAGE AND MATHEMATICA



Bessel function calculator

NATURAL LANGUAGE MATH INPUT EXTENDED KEYBOARD EXAMPLES UPLOAD RANDOM

Computational Inputs:

» type of Bessel function: BesselK

» n: 1

» z: 203.8 * 0.00525

Compute

Input

$K_1(203.8 \times 0.00525)$

$K_n(x)$ is the modified Bessel function of the second kind

Result

0.535454... More digits

Рис. 5. Модифицированная функция Бесселя для $K_1(k_{\text{т.прив}} r_{\text{комп}})$



Bessel function calculator

NATURAL LANGUAGE MATH INPUT EXTENDED KEYBOARD EXAMPLES UPLOAD RANDOM

Computational Inputs:

» type of Bessel function: BesselK

» n: 0

» z: 203.8 * 0.00525

Compute

Input

$K_0(203.8 \times 0.00525)$

$K_0(x)$ is the modified Bessel function of the second kind

Result More digits

0.381303...

Рис. 6. Модифицированная функция Бесселя для $K_0(k_{\text{т.прив}} r_{\text{комп}})$ 

Bessel function calculator

NATURAL LANGUAGE MATH INPUT EXTENDED KEYBOARD EXAMPLES UPLOAD RANDOM

Computational Inputs:

» type of Bessel function: BesselK

» n: 1

» z: 7.9482

Compute

Input interpretation

$K_1(7.9482)$

$K_1(x)$ is the modified Bessel function of the second kind

Result More digits

0.000164206...

Рис. 7. Модифицированная функция Бесселя для $K_1(\chi_x)$ 

Bessel function calculator

NATURAL LANGUAGE MATH INPUT EXTENDED KEYBOARD EXAMPLES UPLOAD RANDOM

Computational Inputs:

» type of Bessel function: BesselK

» n: 1

» z: 9.5786

Compute

Input interpretation

$K_1(9.5786)$

$K_1(x)$ is the modified Bessel function of the second kind

Result More digits

0.0000290846...

Рис. 8. Модифицированная функция Бесселя для $K_1(\chi_y)$

5. Вычисляю температуру элемента:

$$\begin{aligned} t_{\text{комп}} &= t_{\text{о.с}} + \Delta t_{\text{корп-о.с}} + \Delta t_{\text{заз.корп-МММ}} + \Delta t_{\text{комп-МММ}} = \\ &= 22 + 21,92 + 15,345 + 17,43 = 76,695 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Результаты

Температура элемента $t_{\text{комп}} = 76,695 \text{ } ^\circ\text{C}$, что превышает допустимую температуру $T_{\text{доп}} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Вывод: температура элемента превышает $70 \text{ } ^\circ\text{C}$, следовательно необходимо использовать систему принудительного охлаждения для того, чтобы предотвратить перегрев и поломку элемента.

Список источников

1. Конструкторско-технологические расчеты электронной аппаратуры [Текст]: учебное пособие / Э. Н. Камышная, В. В. Маркелов, В. А. Соловьев. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 165 с.: ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5 7038-3943-0