

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА МОНИТОРА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

Кузюк А.Ю.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Пискун Г.А. – к.т.н, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Проведен расчет теплового режима перфорированного корпуса монитора качества воздуха. Выявлена теоретическая температура самого нагреваемого элемента в устройстве. Обоснован режим охлаждения устройства. Подтверждена целесообразность использования перфорированного корпуса для охлаждения элементной базы устройства.

Ключевые слова: расчет, тепловые процессы, тепловой режим, перфорированный корпус

Введение. Монитор качества воздуха – это устройство, которое обеспечивает измерение взвешенных в воздухе частиц PM1, 0, PM2, 5 и PM10 с помощью лазерного датчика, а также производит газоанализ на частицы формальдегида и других органических летучих веществ [1].

В статье представлен расчет теплового режима в корпусе монитора качества воздуха, результат которого помогает принять решение о применении той или иной конфигурации охлаждения устройства. Также расчет теплового режима проводится для того, чтобы сопоставить рассчитанные температурные характеристики теплового режима с предельно допустимыми температурами, на которые рассчитаны комплектующие элементы РЭС.

Основная часть. Расчет теплового режима проводится на основе методики, изложенной в [2, стр. 163–164].

В качестве исходных данных для расчёта теплового режима монитора качества воздуха выступают следующие данные:

- габаритные размеры корпуса ($0,071 \times 0,045 \times 0,027$ м);
- коэффициент заполнения по объему ($K_3 = 0,5$);
- суммарная мощность, рассеиваемая в блоке ($P = 2$ Вт);
- давление окружающей среды ($H_1 = 101$ кПа);
- давление внутри корпуса ($H_2 = 101$ кПа);
- температура окружающей среды ($T_c = 313$ К).

На рисунке 1 представлена модель корпуса устройства с установленной в нее печатной платой.

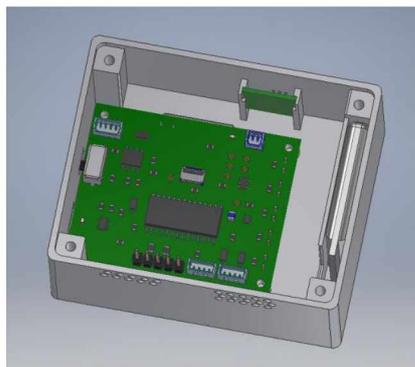


Рисунок 1 – Корпус монитора качества воздуха

Условная поверхность нагретой зоны определяется по формуле 1:

$$S_3 = 2[l_1 l_2 + (l_1 + l_2)l_3 K_3] = 2[0,071 \cdot 0,045 + (0,071 + 0,045) \cdot 0,5] = 0,010 \text{ м}^2, \quad (1)$$

где l_1 , l_2 и l_3 – длина, ширина и высота корпуса устройства соответственно.

Удельная мощность нагретой зоны рассчитывается по формуле 2:

$$q_3 = \frac{P}{S_c} = \frac{2}{0,0049} = 409,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (2)$$

где S_c – площадь, занимаемая всеми элементами.

Удельная мощность корпуса блока определяется по формуле 3:

$$q_k = \frac{P}{S_z} = \frac{5}{0,01} = 205,044 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}. \quad (3)$$

Коэффициент ϑ_1 в зависимости от удельной мощности корпуса блока определяется по формуле 4:

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= 0,1472 q_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} q_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_k^3 = \\ &= 0,1472 \cdot 379,737 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 379,737^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \times \\ &\quad \times 379,737^3 = 20,425. \end{aligned} \quad (4)$$

Коэффициент ϑ_2 в зависимости от удельной мощности корпуса блока рассчитывается по формуле 5:

$$\begin{aligned} \vartheta_2 &= 0,139 \cdot q_3 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot q_3^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot q_3^3 = \\ &= 0,139 \cdot 439,761 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot 439,761^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \times \\ &\quad \times 439,761^3 = 41,168. \end{aligned} \quad (5)$$

Коэффициент K_{H1} в зависимости от давления среды вне корпуса блока определяется по формуле 6:

$$K_{H1} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot H_1} = 1, \quad (6)$$

где H_1 – давление окружающей среды.

Коэффициент K_{H2} в зависимости от давления среды внутри корпуса блока определяется по формуле 7:

$$K_{H2} = 0,8 + \frac{1}{1,25 + 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot H_2} = 1,017, \quad (7)$$

где H_2 – давление внутри корпуса.

Площадь перфорационных отверстий составляет:

$$S_{II} = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коэффициент перфорации определяется по формуле 8:

$$\Pi = \frac{S_{\Pi}}{2 l_1 l_2} = \frac{1,2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,063 \cdot 0,063} = 7,67 \cdot 10^{-9}. \quad (8)$$

Коэффициент K_{Π} определяется в зависимости от коэффициента перфорации по формуле 9:

$$K_{\Pi} = 0,29 + \frac{1}{1,41 + 4,95 \cdot \Pi} = 0,99. \quad (9)$$

Перегрев корпуса блока рассчитывается по формуле 10:

$$\vartheta_K = \vartheta_1 K_{H1} K_{\Pi} 0,93 = 20,42 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,93 = 18,971 \text{ К}. \quad (10)$$

Перегрев нагретой зоны рассчитывается по формуле 11:

$$\begin{aligned} \vartheta_3 &= 0,93 K_{\Pi} \left[\vartheta_1 K_{H1} + \left(\vartheta_2 \frac{1}{0,93} - \vartheta_1 \right) K_{H2} \right] = \\ &= 0,93 \cdot 0,99 \left[20,42 \cdot 1 + \left(41,168 \cdot \frac{1}{0,93} - 20,42 \right) 1,017 \right] = \\ &= 41,493 \text{ К}. \end{aligned} \quad (11)$$

Средний перегрев воздуха в блоке определяется по формуле 12:

$$\vartheta_B = \vartheta_3 0,6 = 41,493 \cdot 0,6 = 24,896 \text{ К}. \quad (12)$$

Удельная мощность элемента определяется по формуле 13:

$$q_{\text{эл}} = \frac{0,425}{S_{\text{эл}}} = \frac{0,425}{3,9 \cdot 10^{-4}} = 194,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (13)$$

где $S_{\text{эл}}$ – площадь элемента.

Перегрев поверхности элемента определяется по формуле 14:

$$\vartheta_{\text{эл}} = \vartheta_3 \left(0,75 + \frac{0,25 q_{\text{эл}}}{q_3} \right) = 41,49 \left(0,75 + \frac{0,25 \cdot 194,4}{409} \right) = 36,05 \text{ К}. \quad (14)$$

Перегрев окружающей элемент среды определяется по формуле 15:

$$\vartheta_{\text{эс}} = \vartheta_B \left(0,75 + \frac{0,25 q_{\text{эл}}}{q_3} \right) = 24,9 \left(0,75 + \frac{0,25 \cdot 194,4}{409} \right) = 21,63 \text{ К}. \quad (15)$$

Температура корпуса блока рассчитывается по формуле 16:

$$T_k = \vartheta_k + T_c = 18,971 + 313 = 331,971 \text{ К}. \quad (16)$$

Температура нагретой зоны рассчитывается по формуле 17:

$$T_3 = \vartheta_3 + T_c = 41,493 + 313 = 354,493 \text{ К}. \quad (17)$$

Температура поверхности элемента рассчитывается по формуле 18:

$$T_{эл} = \vartheta_{эл} + T_c = 36,05 + 313 = 349,05 \text{ К.} \quad (18)$$

Средняя температура воздуха в блоке рассчитывается по формуле 19:

$$T_B = \vartheta_B + T_c = 24,896 + 313 = 337,896 \text{ К.} \quad (19)$$

Температура окружающей элемент среды определяется по формуле 20:

$$T_{эс} = \vartheta_{эс} + T_c = 21,63 + 313 = 334,63 \text{ К.} \quad (20)$$

Заключение. В результате расчета теплового режима монитора качества воздуха в перфорированном корпусе температура 349 К самого нагреваемого элемента (микроконтроллер *PIC18F2520* в корпусе *SO-28*) входит в диапазон рабочих температур. Полученные значения температур говорят о целесообразности использования перфорированного корпуса для охлаждения элементной базы устройства. Таким образом, выбор способа обеспечения нормального теплового режима устройства на ранней стадии проектирования устройства оказался верным.

Список литературы

1. Labbe, L. *Portable, Stand-Alone Air Quality Display* // *Elektor*. – 2021. – №7-8. – С.86-87.
2. Роткоп, Л. *Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры*/ Л. Роткоп. – Москва. : Сов. радио, 1976. – 232с
3. ГОСТ 15150–69. *Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.* – Введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 58 с.
4. *Радиоэлектронная аппаратура и основы ее конструкторского проектирования : учебно-методическое пособие для студентов спец. «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и «Проектирование и производство РЭС»* / Н. И. Каленкович [и др.]. – М. : БГУИР, 2008. – 200 с.

UDC 004.67

THEORETICAL CALCULATION OF THE THERMAL MODE OF THE AIR QUALITY MONITOR

Kuziuk A.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun G.A. – Cand. of Sci, assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The thermal regime of the perforated housing of the air quality monitor was calculated. The theoretical temperature of the most heated element in the device has been revealed. The cooling mode of the device is justified. The feasibility of using a perforated case for cooling the element base of the device has been confirmed.

Keywords: calculation, thermal processes, thermal regime, perforated housing