

УДК 681.5

РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ОБЛАСТІ ДРУКУ 3D ПРИНТЕРА

В.Б. Дроменко, кандидат технічних наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

Д.О. Шевченко, магістрант

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: математична модель, адаптивна система регулювання температури, область друку 3D принтера.

Існуючі види 3D принтерів значно відрізняються один від одного як за ціною, так і за побудовою кінематичної схеми, а популярність такої техніки зростає з кожним роком. При цьому є потреба модернізації бюджетного 3D принтера рrusa із infitary шляхом розроблення адаптивної системи керування для підтримки заданого значення температури в області друку, що істотно покращить якість друку такого принтера до рівня професійних 3D принтерів.

Аналіз регулювання температури повітря в підігріваній області можна описати диференціальним рівнянням[1]. Щоб спростити аналіз процесу, уявімо собі такий ідеальний процес, коли підігрівана область – однорідне тіло, температура якого в усіх точках однакова[2]. Теплова енергія Q , що підводиться до області друку, витрачається на нагрівання самої області (Q_{HO}) і на покриття витрат теплоенергії через огорожувальні конструкції (Q_{OK}), тобто:

$$Q = Q_{HO} + Q_{OK} \quad (1)$$

За нескінченно малий відрізок часу енергія $Qd\tau$, підведена до області друку, витрачається на нагрівання самої області друку на dt градусів:

$$Q_{HO} = G_{HO} \cdot c_{HO} dt, \quad (2)$$

де G_{HO} – маса підігріваної області; c_{HO} – питома теплоємність,

$$\left(c_{HO} = 1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right);$$

і на покриття витрат енергії через огорожувальні конструкції:

$$Q_{OK} = F_{OK} \cdot k_{OK} \cdot \Delta t d\tau \quad (3)$$

де F_{OK} – площа поверхні огорожувальних конструкцій; k_{OK} – коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій; τ – час; $\Delta t = t_B - t_3$, де t_B – температура повітря в області друку; t_3 – температура зовнішнього середовища.

Отримаємо диференціальне рівняння теплового балансу підігріваної області:

$$Qd\tau = G_{HO} \cdot c_{HO} dt + F_{OK} \cdot k_{OK} \cdot \Delta t d\tau. \quad (4)$$

Перетворимо отримане рівняння (4):

$$Qd\tau = G_{\text{ПО}} \cdot c_{\text{ПО}} \frac{dt}{d\tau} + F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}} \cdot \Delta t \frac{d\tau}{d\tau}, \quad (5)$$

$$\frac{Qd\tau}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} \cdot \frac{d\tau}{d\tau} = \frac{G_{\text{ПО}} \cdot c_{\text{ПО}}}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} \cdot \frac{dt}{d\tau} + \Delta t, \quad (6)$$

$$\frac{Q}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} = T_{\text{ПО}} \cdot \frac{dt}{d\tau} + t_B - t_3, \quad (7)$$

$$\frac{Q}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} + t_3 = T_{\text{ПО}} \cdot \frac{dt}{d\tau} + t_B, \quad (8)$$

де Q – теплова енергія, що підводиться до області друку; $T_{\text{ПО}}$ – постійна часу підігріваної області:

$$T_{\text{ПО}} = \frac{G_{\text{ПО}} \cdot c_{\text{ПО}}}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}}. \quad (9)$$

З даного рівняння отримаємо передавальну функцію підігріваної області:

$$W(p)_{\text{ПО}} = \frac{\frac{Q}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} + t_3}{T_{\text{ПО}} \cdot p + 1}. \quad (10)$$

На підставі викладеного можна зробити наступні висновки:

а) нагрівання та охолодження області друку залежить не тільки від теплової енергії, що підводиться в область друку. Ці процеси залежать також і від маси області друку. Постійна часу $T_{\text{ПО}}$ у області друку тим більше, чим більше маса, теплоємність і чим менше теплопровідність їх внутрішніх і зовнішніх огорожувальних конструкцій;

б) зниження температури повітря в області друку після вимкнення нагрівального елемента відбувається тим повільніше, чим вище температура зовнішнього повітря.

З усього описаного вище можна виділити основні рівняння (8) і (9), які утворюють математичну модель адаптивної системи регулювання температури в області друку 3D принтера:

$$\begin{cases} \frac{Q}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} + t_3 = T_{\text{ПО}} \cdot \frac{dt}{d\tau} + t_B \\ T_{\text{ПО}} = \frac{G_{\text{ПО}} \cdot c_{\text{ПО}}}{F_{\text{ОК}} \cdot k_{\text{ОК}}} \end{cases} \quad (11)$$

на базі якої в подальшому можливо побудувати структурну схему розімкненої системи регулювання температури.

Список використаних джерел

1. Масальский Г. Б. Математические основы кибернетики : учебное пособие в 2-х частях. / Г.Б. Масальский // 2-е изд., перераб. и доп. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – 384 с.
2. Ханнанова В. Н. Математическая модель системы регулирования температуры внутри помещения / В. Н. Ханнанова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 18. – С. 309-313.