

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ОКРАСОЧНО-СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ

**Капланец Я. О., магистрант; Чернышев Н. Н., доц., к.т.н., доц.**

*(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)*

### Введение.

Основным понятием метода математического моделирования является понятие математической модели. Математической моделью называется приближенное описание какого-либо явления или процесса внешнего мира, выраженное с помощью математической символики.

Математическое моделирование включает три взаимосвязанных этапа:

1. Составление математического описания изучаемого объекта. Данная задача состоит:

- а) в установлении связей между параметрами процесса, а также дополнительных условий, которые обычно называются граничными и начальными условиями;
- б) в формализации процесса в виде системы математических соотношений, характеризующих изучаемый объект.

Математическое описание составляется на основе материальных и энергетических балансов, а также физических законов, определяющих переходные процессы в объектах либо характеризующих специфические особенности процесса.

2. Выбор метода решения системы уравнений математического описания и реализация его в форме моделирующей программы;

3. Установление соответствия (адекватности) модели объекта.

Данный этап необходимо проводить по той причине, что любая модель является лишь приближенным отражением реального процесса вследствие допущений, всегда принимаемых при составлении математической модели.

Технологический процесс нагрева воздуха, подаваемого в окрасочно-сушильную камеру, проходит в двух последовательно соединенных аппаратах:

- камера сгорания, в которой протекает процесс горения топлива;
- теплообменник, в котором дымовые газы нагревают воздух.

Камера сгорания описывается математической моделью, вход которой – расход  $F_{mon}(t)$  и температура топлива  $T_{mon}(t)$ , расход  $F_{\text{воз1}}(t)$  и температура воздуха на горение  $T_{\text{воз1}}(t)$ , а выход – расход  $F_{np}(t)$  и температура  $T_{np}(t)$  продуктов горения.

Математическая модель камеры сгорания может быть записана в следующем виде:

$$V_m c_{n_2} \frac{dT_{n_2}}{dt} = F_{mon} c_{mon} T_{mon} + F_{mon} q_{mon} + F_{\text{воз1}} c_{\text{воз1}} T_{\text{воз1}} - (F_{mon} + F_{\text{воз1}}) c_{n_2} T_{n_2} - k_m F_1 (T_{n_2} - T_{\text{воз1}}), \quad (1)$$

$$T_1 \frac{dF_{n_2}}{dt} + F_{n_2} = F_{mon} + F_{\text{воз1}}, \quad (2)$$

где  $c_{n_2}$ ,  $c_{mon}$ ,  $c_{\text{воз}}$  – теплоемкость продуктов горения, топлива и воздуха, кДж/(м<sup>3</sup> °С);  $V_m$  – объем топки, м<sup>3</sup>;  $T_{n_2}$ ,  $T_{mon}$ ,  $T_{\text{воз1}}$  – температура продуктов горения, топлива и воздуха, °С;  $q_{mon}$  – теплота сгорания топлива, кДж / м<sup>3</sup>;  $F_1$  – площадь поверхности теплообмена топки, м<sup>2</sup>;  $k_m$  – коэффициент теплопередачи кладки топки, кДж / (м<sup>2</sup>ч°С);  $T_1$  – постоянная времени, характеризующий среднее время прохождения газообразных продуктов через топку, с.

На рис. 1 приведена реализация уравнений (1)-(2) в пакете Matlab&Simulink.

Теплообменник описывается математической моделью, вход которой – расход  $F_{n2}(t)$  и температура продуктов горения (дымовых газов)  $T_{n2}(t)$ , расход  $F_{6032}(t)$  и температура приточного воздуха  $T_{6032}(t)$ , а выход – температура нагретого воздуха  $T_{6032}^K(t)$  и продуктов горения  $T_{n2}^K(t)$  на выходе из теплообменника.

Математическая модель теплообменника может быть записана в следующем виде:

$$V_m c_{n2} \frac{dT_{n2}^K}{dt} = F_{n2} c_{n2} (T_{n2}^H - T_{n2}^K) + \alpha_1 F_2 (T_{6032}^K - T_{n2}^K), \quad (3)$$

$$V_{6032} c_{603} \frac{dT_{6032}^K}{dt} = F_{6032} c_{603} (T_{6032}^H - T_{6032}^K) + \alpha_2 F_2 (T_{n2}^K - T_{6032}^K), \quad (4)$$

где  $\alpha_{1,2}$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup> °C);  $F_2$  – поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>;  $V_m$  – объем теплообменника, м<sup>3</sup>;  $V_{6032}$  – объем приточного воздуха, м<sup>3</sup>.

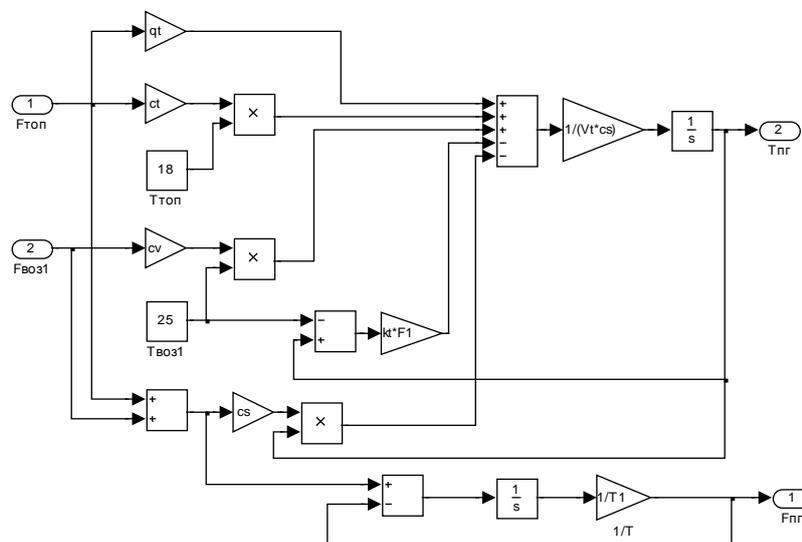


Рисунок 1 – Схема моделирования камеры сгорания сушилки в Simulink

На основании полученных математических модели построим схему системы автоматического управления температурным режимом в окрасочно-сушильной камере в Matlab&Simulink (рис. 2) [1, 2].

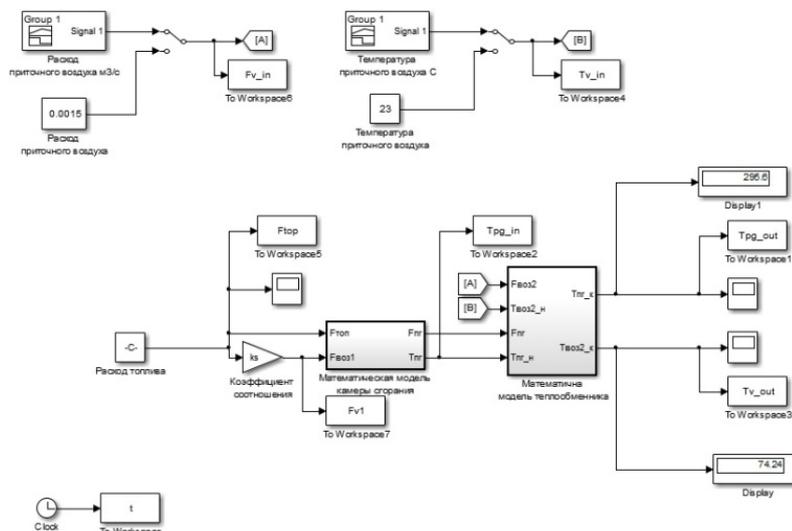


Рисунок 2 – Схема моделирования окрасочно-сушильной камеры в Simulink

Выполним моделирование и исследование динамических характеристик процесса нагрева и охлаждения деталей в окрасочно-сушильной камере в пакете программного обеспечения Matlab и Simulink (рис. 3 – рис. 6) [3].

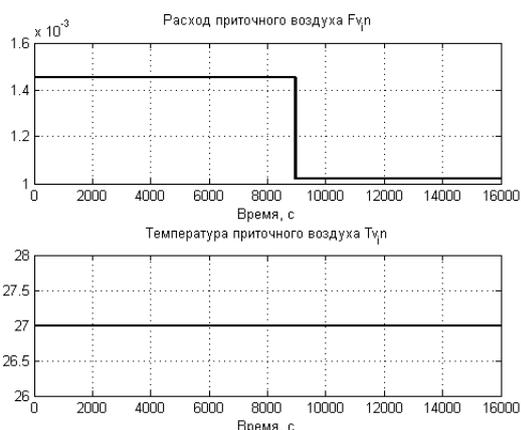


Рисунок 3 – График расхода приточного воздуха

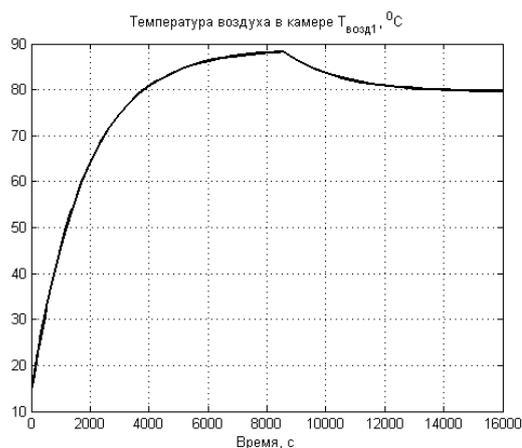


Рисунок 4 – График Температуры воздуха в камере

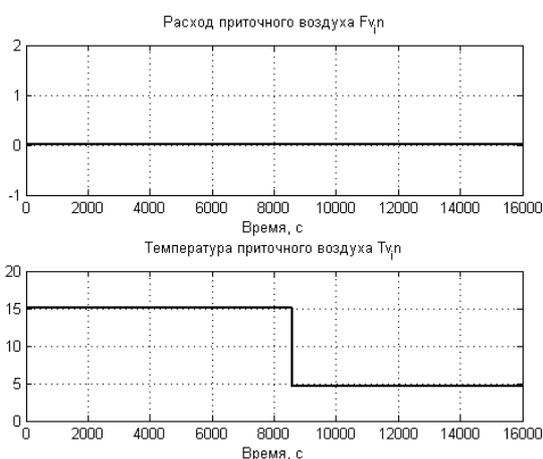


Рисунок 5 – График температуры приточного воздуха

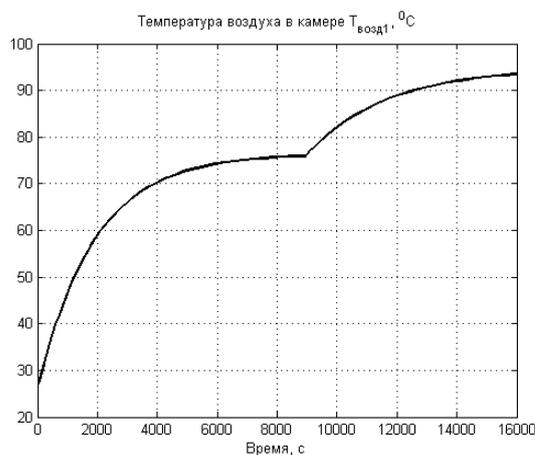


Рисунок 6 – График Температуры воздуха в камере

### Выводы.

Анализ динамических характеристик позволяет сделать вывод, что система при заданных характеристиках работает удовлетворительно и при увеличении подачи расхода приточного воздуха на графике: температуры воздуха в камере видно, что температура уменьшилась, а при уменьшении параметра температуры приточного воздуха увеличилась.

### Перечень ссылок

1. Капланец, Я. О. Анализ и моделирование системы автоматического управления окрасочно-сушильной камерой / Я. О. Капланец, Н. Н. Чернышев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – 2015. – № 7 часть 1 (18-1). – С. 446-449.
2. Капланец, Я. О. Окрасочно-сушильная камера как объект управления / Я.О. Капланец // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных трудов XV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 20-22 мая 2015 г. – Донецк : ДонНТУ, 2015. – С. 150-154.