УДК 51-74

Студ. О.А Токарева, А.А. Ярош
Науч. рук. проф. С.Г. Тихомиров
(кафедра информационных и управляющих систем ВГУИТ)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ФИЛЬЕРЫ ОТЖИМНОЙ МАШИНЫ

В настоящее время отжимные машины могут быть использованы в технологических процессах переработки полиэтиленовых отходов. При этом их нормальная производительность возможна лишь в том случае, если обеспечивается заданная температура фильеры. Такой режим может быть реализован при помощи электронагревателей.

Трехмерная модель фильеры реализована в САПР SolidWorks. Программный комплекс SolidWorks предназначен для обеспечения сквозного процесса проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности.

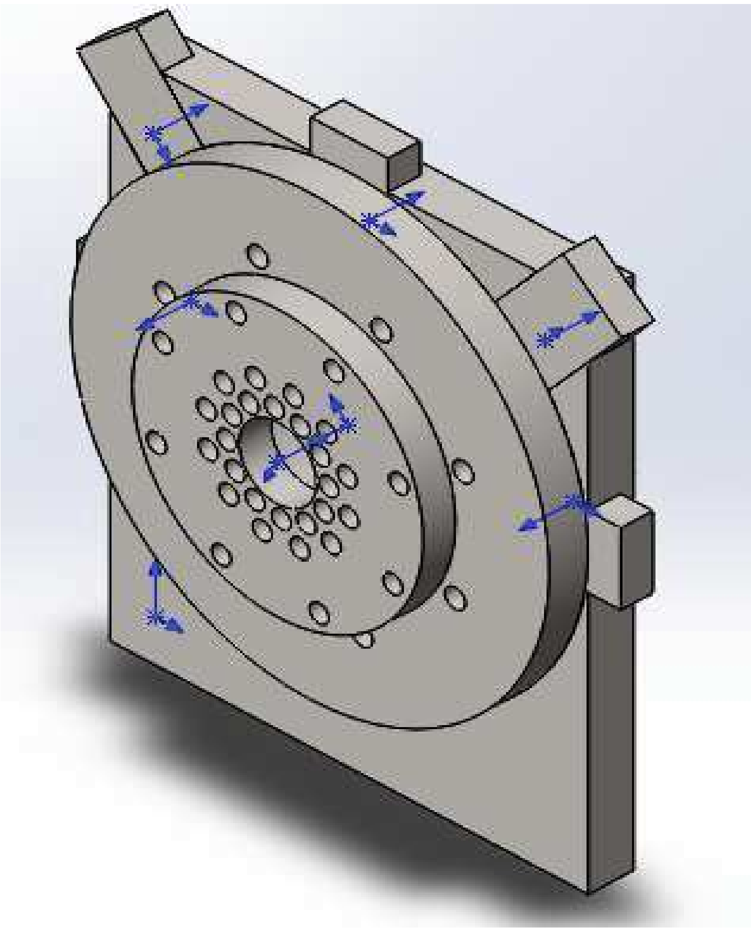

Рисунок 1 - Изометрическое изображение фильеры

Алгоритм работы нагревателей основан на поддержании температуры фильеры в рамках заданных границ. Для реализации такого рода устройств традиционно используются ПИД — регуляторы. Однако для оценки их параметров требуется знание передаточной функции объекта (в нашем случае фильеры). На основе строгих математических методов построение такой передаточной функции невозможно. Это связано с тем, что температурные поля в фильере подчиняются закону Фурье, математическая запись которого представляет собой дифференциальное уравнение в частных производных. Сильно затрудняет решение этих уравнений необходимость учета конструкции устройства, свойств материалов из которых изготовлены отдельные элементы машины. В работе приведена методика, позволяющая на основе моделирования тепловых полей в машине построить передаточную функцию объекта и на этой основе синтезировать регулятор.

Процесс распределения теплового поля в фильере задается уравнением:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right), \qquad (3)$$

Начальные условия:

$$t(u_i) = t_{\text{Н}}\ , \forall\ u_i \in N,$$

где

$$u_i = (x(i), y(i), z(i))$$

– узлы сетки; x_i, y_i z_i координаты узла сетки; N – множество узлов сетки; $t_{\text{Н}}$ – начальная температура 20° С.

Граничное условие второго рода задается плотностью теплового потока в каждой точке поверхности тела для любого момента времени.

M – множество узлов сетки, которые размещены на поверхности тепловыделяющего элемента.

$$u_i \in M,$$

то $S(u_i) = q$ – плотность теплового потока, Вт/м^3.

$$Q = \frac{P}{F},$$

где P – тепловая мощность, Вт; F – площадь, м^2.

Граничное условие третьего рода задаётся температурой среды, окружающей тело, и законом теплопередачи между поверхностью тела и окружающей среды.

$$u_i \in L,$$

то

$$\alpha\left(t_{cp}-t(u)\right)=-\frac{\partial t}{\partial u};$$

$$\alpha\left(t_{cp}-t(u_i)\right)=-\frac{t(u_i)-t(u_{i-1})}{\Delta y},$$

где L – множество граней конструкции, с которых имеет место конвективный теплообмен; α – коэффициент конвективной теплоотдачи он характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.

Решение задачи будем искать с помощью метода конечных разностей.

$$\frac{t_{i,j,k}(\tau+\Delta\tau)-t_{i,j,k}(\tau)}{\Delta\tau}=$$

$$=a\left(\frac{t_{i-1,j,k}(\tau)-2t_{i,j,k}(\tau)+t_{i+1,j,k}(\tau)}{\Delta x^2}+\frac{t_{i,j-1,k}(\tau)-2t_{i,j,k}(\tau)+t_{i,j+1,k}(\tau)}{\Delta y^2}+\right.$$

$$\left.+\frac{t_{i,j,k-1}(\tau)-2t_{i,j,k}(\tau)+t_{i,j,k+1}(\tau)}{\Delta z^2}\right).$$

Преобразуем

$$t_{i,j,k}(\tau+\Delta\tau)=$$

$$=a\left(\frac{t_{i-1,j,k}(\tau)-2t_{i,j,k}(\tau)+t_{i+1,j,k}(\tau)}{\Delta x^2}+\frac{t_{i,j-1,k}(\tau)-2t_{i,j,k}(\tau)+t_{i,j+1,k}(\tau)}{\Delta y^2}+\right.$$

$$\left.+\frac{t_{i,j,k-1}(\tau)-2t_{i,j,k}(\tau)+t_{i,j,k+1}(\tau)}{\Delta z^2}\right)\Delta\tau+t_{i,j,k}(\tau)$$

Решение данной задачи осуществляется при помощи встроенной в систему SolidWorks подсистемы Simulation. Программное обеспечение автоматически создает комбинированную сетку для твердого тела.

Для того чтобы решение по разностной схеме было устойчиво, необходимо выбирать интервалы дискретизации из следующего условия:

$$\Delta\tau\le\frac{\delta^2}{4a}$$

δ – длина проводимой части.

График зависимости температуры в выбранной контрольной точке от времени (рисунок 2).

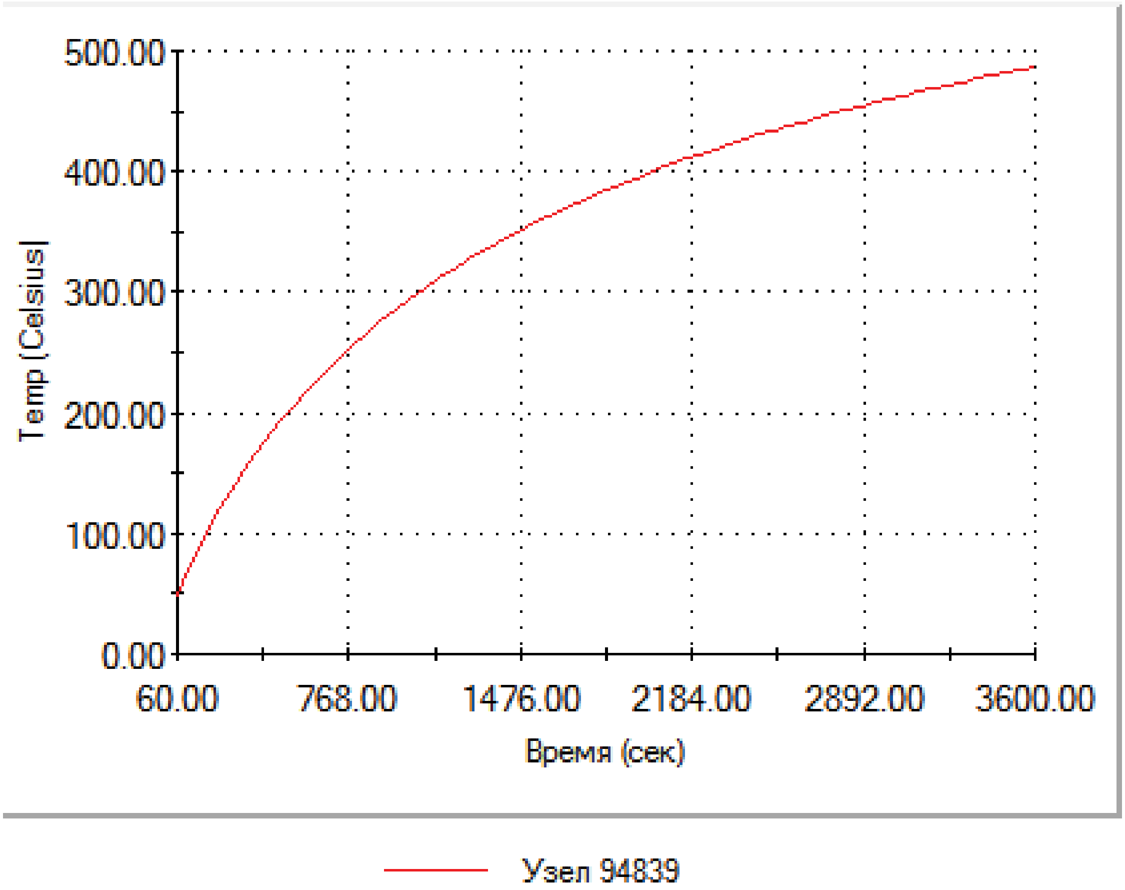

Рисунок 2 - Термическая эпюра

В интерактивной среде Matlab была произведена идентификация объекта управления. Модель объекта управления искали в виде апериодического звена первого порядка.

Полученная передаточная функция имеет вид:

$$W(s)=\frac{0{,}9}{1+3195{,}5s}$$

Данная модель позволяет оценить температуру в любой точке фильеры в ходе ее нагрева электронагревательных элементов. Полученные результаты могут быть использованы при синтезе цифрового закона регулирования.