

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СТЕРЖНЕ

Морозова М. П., Стаблецкий В.А., Гринюк Д.А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

Температура при управлении технологическими процессами, в большинстве своем, является распределенным параметром. При разработке алгоритмов управления встают две задачи, которые приходится решать одновременно: для настройки контуров управления температурой требуется знать динамику канала управления, а так же выбрать место контроля. Расчет динамики осложнен необходимостью использования уравнений в частных производных. Задачу облегчают путем проведения упрощений. На место установки датчика обращают еще меньше внимания.

С целью исследования аспектов управления тепловыми объектами с распределенными параметрами разработан стенд. Он состоит из: вентилятора, который обеспечивает конвективный теплообмен; железного стержня, помещенного в пластиковую трубу; электрического нагревателя, который нагревает один из концов стержня. Центральным элементом системы управления стенда является контроллер Arduino. К нему подключено пять датчиков температуры, четыре из которых контролируют температуру по длине стержня, а пятый температуру воздуха на выходе трубы. Задавать гидродинамические и температурные режимы работы установки можно двумя способами: изменением частоты вращения вентилятора, изменением мощности на нагревателе. В стенде предусмотрен контроль частоты вентилятора. Параметры работы можно передавать на компьютер для статистической обработки и адаптации к модельным решениям.

Решения задачи управления реальными объектами с распределенными параметрами предполагает синхронизацию с теоретическими предпосылками анализа динамики. Для этого предлагается реализовать процесс управления с решением уравнений в частных производных с учетом условий теплообмена. Конвективный теплообмен будет играть существенную роль для данного объекта, что подразумевает учет данного явления использованием граничных условий третьего рода.

Поскольку процесс нагревания стержня в полной мере можно характеризовать как точечный, а длина стержня более чем в сто раз превышает его диаметр, то наиболее рациональным является рассмотрение уравнения в одном направлении.

$$\frac{\partial u}{\partial t} - a^2 \Delta u = 0, \quad x \in R^n, t > 0, \quad u(x,0) = \varphi(x), \quad x \in R^n.$$

Передача теплоты конвекцией осуществляется за счет перемещения в пространстве неравномерно нагретых объемов воздуха. Обычно при инженерных расчетах определяется конвективный теплообмен между воздухом и твердой стенкой, называемый теплоотдачей. Согласно закону Ньютона—Рихмана, тепловой поток Q от стенки к жидкости пропорционален поверхности теплообмена и разности температур между температурой стержня и температурой воздуха. Трудность расчета заключается в определении коэффициента теплоотдачи a , зависящего от ряда факторов. По этой причине в установке кроме контроля распределения температуры в стержне, предусматривается и контроль температуры воздуха.