

Д.А. Гринюк, канд. техн. наук, доц.;
И.Г. Сухорукова, ст. преп.; И.С. Шетько, студ.;
А.Н. Крюков, инж. (БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Теплообменные аппараты применяют в различных технологиях в промышленности и в быту. Несмотря на древнюю историю, конструкции теплообменников продолжают изменяться. Решение задач управления теплообменниками сопряжено с решением вопросов идентификации динамики каналов управления. На сегодняшний день, получение уравнений динамики теплообменных процессов на основании теоретических уравнений все также сопряжено с большими проблемами. Это обусловлено наличием нелинейных явлений, распределенностью температуры, большинство теплообменников имеют сложные температурные поля.

В процессе построения системы управления встает вопрос об идентификации динамики каналов управления. Обработке экспериментальных данных нашли применение различные методы. Одни методы позволяют формировать сам вид передаточной функции на основе анализа данных (например метод Симою М.П.), другие предполагают поиск коэффициентов модели по заранее заданному виду.

Второй подход обладает большей устойчивостью, особенно если объект характеризуется существенными нелинейными свойствами. Вид передаточной функции можно определить визуально, или он может следовать из теоретического анализа канала управления. Теоретический подход позволяет уменьшить влияние человеческого фактора в процессе идентификации.

В качестве объекта исследования выбран воздушный теплообменник лабораторного стенда. Нагрев осуществляется электрическими нагревателями, которые находятся в воздуховоде. Воздуховод представляет собой металлическую конструкцию из 1 мм жести. На выходе воздуховода установлены два датчика температуры. Один (А) является промышленным термометром сопротивления с длиной погружной монтажной части 1 м, которая установлена в центре воздуховода по движению воздушного потока. Второй датчик температуры (В) и влажности с пластмассовым корпусом, монтажная часть которого установлена перпендикулярно воздушному потоку с чувствительным также по центру, смонтирован так, чтобы чувствительные элементы обоих первичных преобразователей находились в непосредственной близости друг от друга. Управляющим воздействием выступает

изменение расхода воздуха посредством частотного привода двигателя воздуходувки.

В литературе можно встретить различные варианты передаточных функций для теплообменников. Обычно это различные варианты одна- или двухемкостных объектов. При прикладном анализе экспериментальных данных практически всегда выявляется запаздывание [1-3]. С учетом выше сказанного можно выделить следующие варианты передаточных функций кривых разгона тепловых объектов

$$W_1(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}; W_2(s) = \frac{k(bs + 1)}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)};$$

$$W_3(s) = \frac{k \exp(-\tau s)}{(Ts + 1)}; W_4(s) = \frac{k \exp(-\tau s)}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)};$$

$$W_5(s) = \frac{k(1 - b \exp(-\tau s))}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}; W_6(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)^n}.$$

Увеличения количество подстраиваемых коэффициентов позволяет, потенциально, улучшить качество аппроксимации (рисунки 1-2), однако это увеличивает временные затраты на процесс идентификации. Кроме этого, не всегда положительно сказывается на процессе последующего использования полученного решения для построения замкнутой и разомкнутой системы управления.

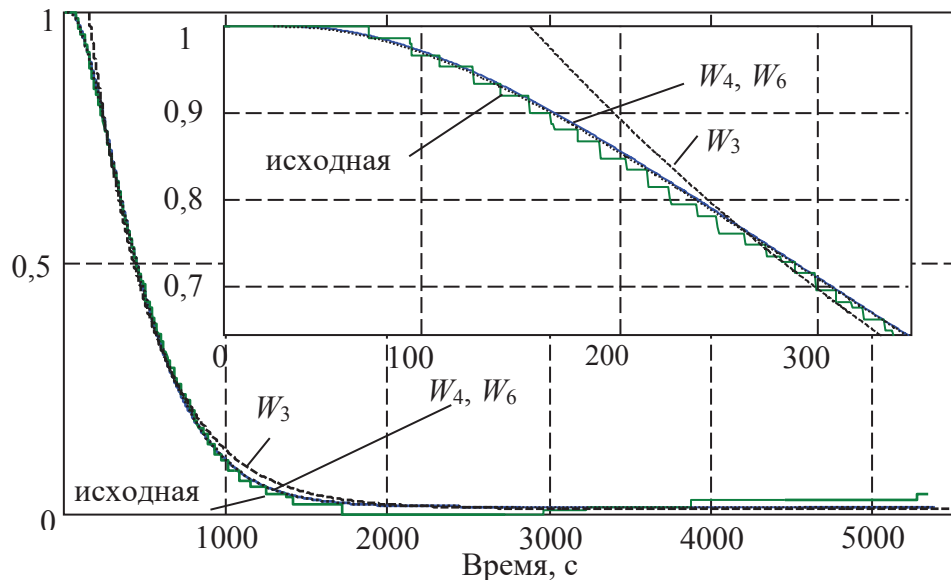


Рисунок 1 – Разгонная характеристика и результат ее аппроксимации при измерении с помощью (В)

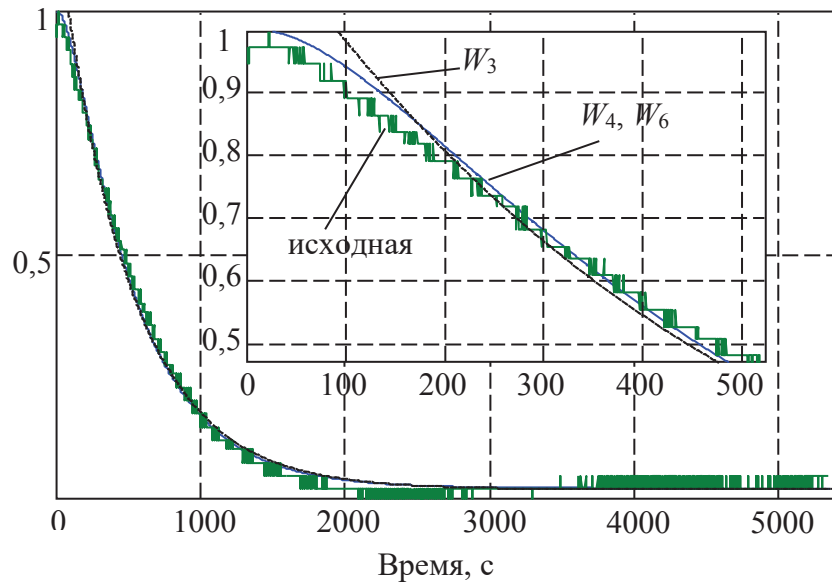


Рисунок 2 – Разгонная характеристика и результат ее аппроксимации при измерении с помощью (А)

Значение интегральных показателей 0,7308; 0,7268; 1,7128 соответственно для W_4 ; W_6 ; W_3 при измерении с помощью (В) и 1,7554; 1,8480; 1,8478 при измерении с помощью (А).

Для данного объекта лучшим оказались результаты для передаточной функции W_4 . Повышение показателя n до 2 и более в формуле W_6 незначительно уменьшает значение интегральных показателей, хотя подобный объект управления в [1] приводил к противоположным выводам. Большие отличия в энергоемкости первичных преобразователей существенно не повлияли на выбор оптимальной модели канала управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г., Олиферович Н.М., Стаблецкий В.А. Оценка динамики изменения температуры по длине металлического стержня // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и ...: XIII Межд. науч.-тех. конф. – Вологда: ВоГУ, 2018. – С. 85-88.
2. Д.А. Гринюк, Н.М. Олиферович, И.О. Оробей. Алгоритмы гармонической идентификации для технологических объектов и их апробация на тепловом объекте // Труды БГТУ. Сер. 3, Физ.-мат. науки и информ. - Минск : БГТУ, 2017. - № 2 (200). - С. 76-81.
3. Oliferovich N., Hryniuk D., Orobei I. Harmonic identification of technological objects in real time// 2016 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream 2016), Vilnius, Lithuania, 21 April 2015 pp. 1-4.