

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Волочко А.В., студ.; Червинский В.В., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Среди инженерных систем здания можно выделить: систему вентиляции, систему отопления (либо комбинированную отопительно-вентиляционную систему) и систему кондиционирования воздуха (СКВ). Воздушное отопление, совмещенное с вентиляцией, создает в помещении вполне удовлетворительный микроклимат и обеспечивает благоприятные условия воздушной среды. СКВ представляет собой систему более высокого порядка (с большими возможностями). Принципиальное преимущество состоит в том, что, помимо выполнения задач вентиляции и отопления, СКВ позволяет создать благоприятный микроклимат (комфортный уровень температур) в летний, жаркий период года, благодаря использованию в своем составе фреоновой холодильной машины.

Таким образом, подготовка воздуха в СКВ может включать его охлаждение, нагрев, увлажнение или осушку, очистку (фильтрацию, ионизацию и т.п.), причем система должна поддерживать в помещении заданные кондиции воздуха независимо от уровня и колебаний метеорологических параметров наружного (атмосферного) воздуха, а также переменных поступлений в помещение тепла и влаги.

На рис. 1 представлена укрупненная структурная схема САУ установкой кондиционирования.

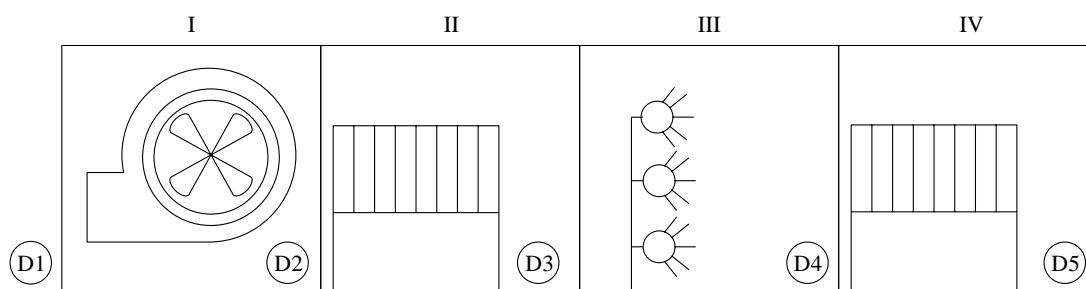


Рисунок 1 - Структурная схема САУ установкой кондиционирования воздуха

СКВ состоит из нескольких секций комплексов датчиков D, они последовательно измеряют параметры воздуха, проходящего через секции забора воздуха (I), воздухонагревателя первого подогрева (II), увлажнителя (III) и воздухонагревателя второго подогрева (IV). Функционирование каждой секции автономно.

Передаточные функции секций увлажнения и нагрева внешне идентичны и имеют вид:

$$W(p) = \frac{k_i}{T_i p + 1} e^{-\tau p} \quad (1)$$

где τ - постоянная времени запаздывания. Звено запаздывания описывает движения воздуха в секции, которое близко к модели идеального смешения;

T_i - постоянная времени апериодического звена, которое с достаточно высокой степенью достоверности описывает изменение таких параметров воздуха, как температура и влажность при прохождении по i -й секции;

k_i - коэффициент передачи i -й секции.

Для секции нагрева необходима одна передаточная функция описывающая процессы нагрева воздуха в секции, так как нагрев воздуха является простым физическим процессом.

Что касается секции увлажнения, то данный процесс довольно сложный и многомерный, для его описания требуется шесть передаточных функций:

W11 - передаточная функция по каналу «изменение начальной температуры воздуха на входе – изменение температуры воздуха на выходе»;

W12 - передаточная функция по каналу «изменение начального влагосодержания воздуха на входе – изменение температуры воздуха на выходе»;

W13 - передаточная функция по каналу «изменение расхода воды на увлажнение – изменение температуры воздуха на выходе»;

W21 - передаточная функция по каналу «изменение начальной температуры воздуха на входе – изменение влагосодержания на выходе»;

W22 - передаточная функция по каналу «изменение начального влагосодержания воздуха на входе – изменение влагосодержания на выходе»;

W23 - передаточная функция по каналу «изменение расхода воды на увлажнение – изменение влагосодержания на выходе».

В матричной форме:

$$W_{ko}(p) = \begin{Bmatrix} W11(p) & W12(p) & W13(p) \\ W21(p) & W22(p) & W23(p) \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Моделирование системы проводится с учетом возмущений. К возмущениям относится температура и влажность наружного атмосферного воздуха. При моделировании проведены три эксперимента которые покажут влияние каждого параметра, а именно: температура, влажность, количество подаваемой воды в секцию увлажнения, на выходные характеристики параметров воздуха (влажность и температура). Для упрощения графиков воспользуемся относительными величинами.

Ниже представлены схемы моделирования секций нагрева и увлажнения:

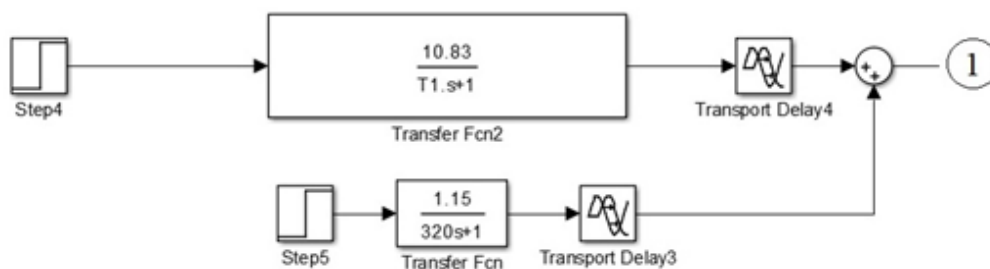


Рисунок 2 – Схема моделирования секции первичного нагрева

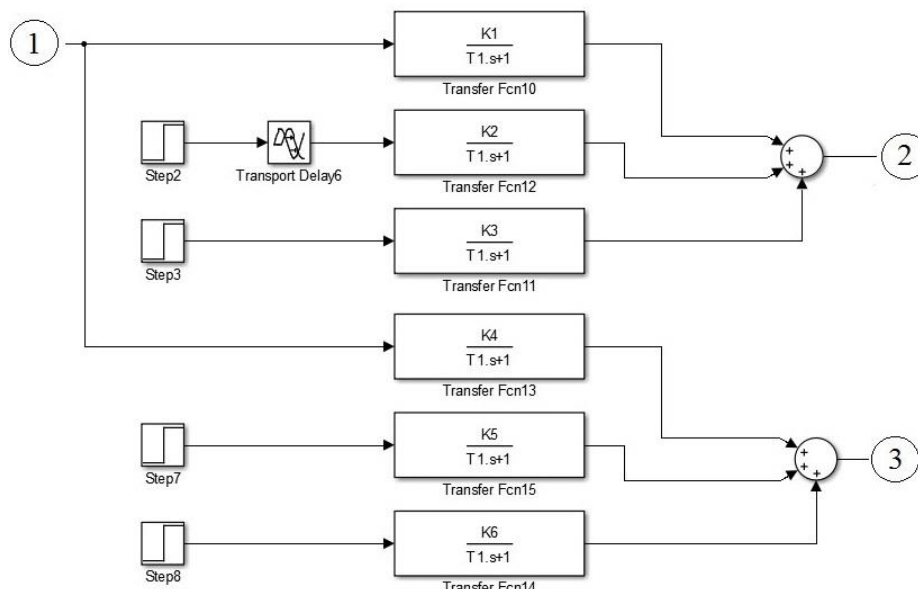


Рисунок 3 – Схема моделирования секции увлажнения

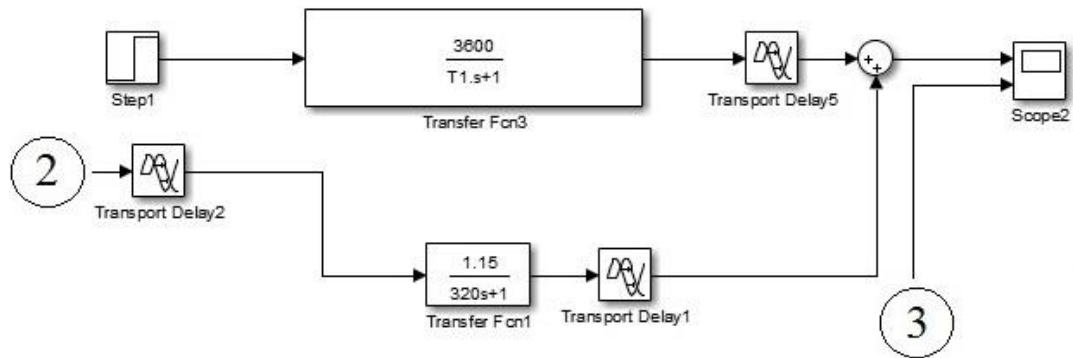


Рисунок 4 – Схема моделирования секции вторичного нагрева

В первом эксперименте изменяется входной сигнал температуры. Подача воды в секции увлажнения и входная влажность равны нулю. На рис. 5 и рис. 6 представлены результаты – изменение температуры и влажности на выходе.

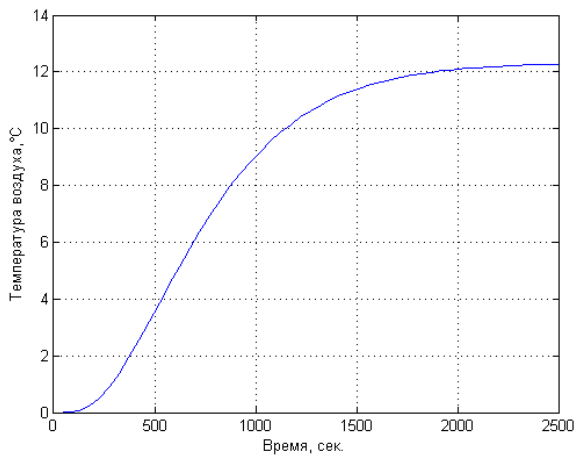


Рисунок 5 – Выходная температура эксперимента 1

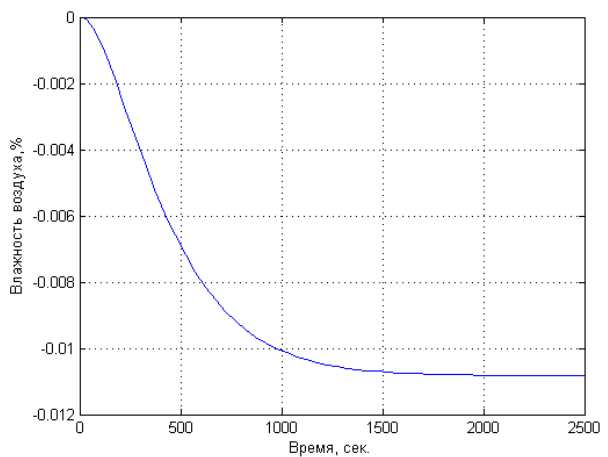


Рисунок 6- Выходная влажность эксперимента 1

Во втором эксперименте изменяется входной сигнал – влажность воздуха на входе. Температура воздуха на входе и расход воды равны нулю. На рис. 7 и рис. 8 представлены результаты.

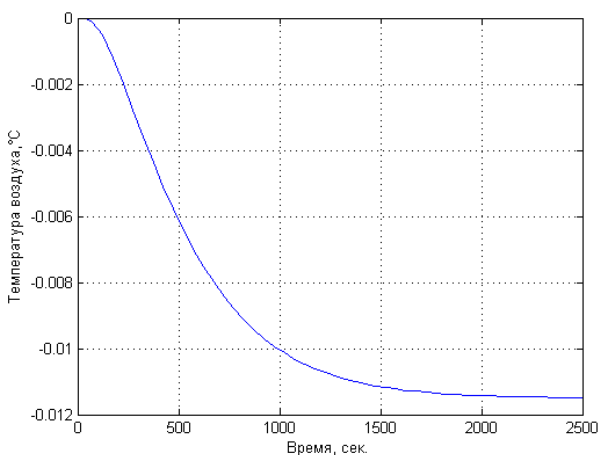


Рисунок 7 – Выходная температура эксперимента 2

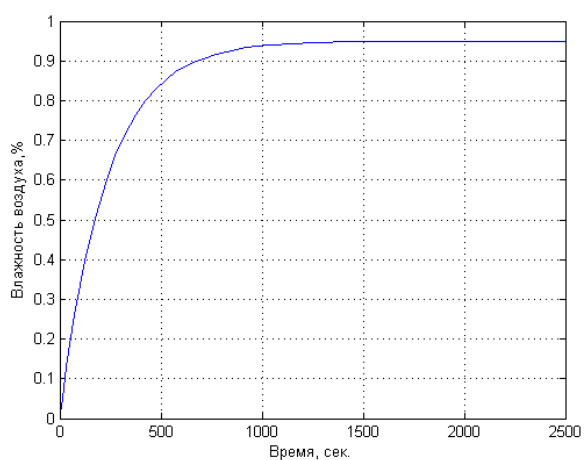


Рисунок 8 – Выходная влажность эксперимента 2

В третьем эксперименте входным сигналом является расход воды в камере орошения. Результаты эксперимента представлены на рис. 9 и рис. 10.

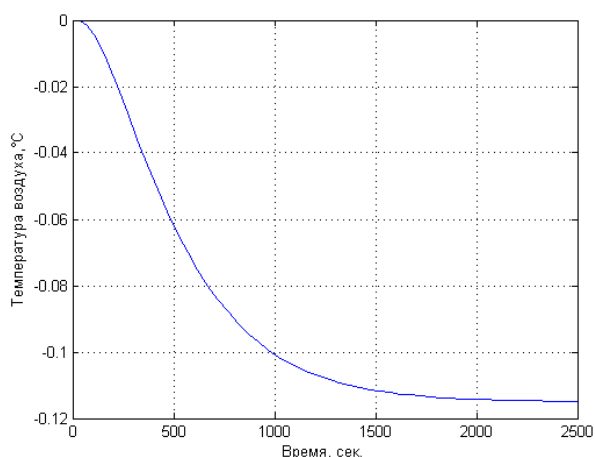


Рисунок 9 - Выходная температура эксперимента 3

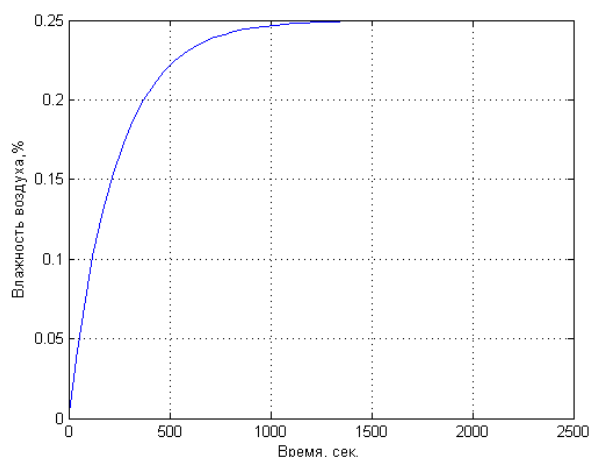


Рисунок 10 - Выходная влажность эксперимента 3

Проанализировав графики, можно сказать, что модель корректно отражает физические процессы, протекающие в установке СКВ. В первом эксперименте наблюдается рост температуры и уменьшение влажности, так как а при нагреве влажность воздуха падает. Во втором эксперименте влажность увеличилась, а температура уменьшилась. Это произошло вследствие того, что при увлажнении температура воздуха падает. В третьем эксперименте при подаче воды на увлажнение температура воздуха упала, а влажность увеличилась.

Таким образом, представленная математическая модель является многосвязной, то есть имеются перекрестные связи между входными и выходными параметрами, во вторых, в описании имеется запаздывание.

Предполагаемая система управления по отдельным секциям не может гарантировать оптимального протекания процесса в целом, а так же является энергетически затратной. Следовательно, необходима разработка автоматической системы управления промышленной установкой кондиционирования воздуха, учитывающей все параметры объекта, что возможно сделать при помощи методов пространства состояний.

Выводы

В статье произведен анализ и моделирование работы системы кондиционирования воздуха, сделан вывод о непригодности и энергозатратности системы управления, построенной для отдельных секций как автономных объектов, так как СКВ является сложным многомерным объектом, для описания которого есть смысл использовать методы пространства состояний с последующим созданием САУ многосвязным объектом. Представлены структурные схемы моделей в виде передаточных функций и результаты моделирования секций нагрева и увлажнения.

Перечень ссылок

1. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С., Михайлов В.А., Нимич Г.В. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Издательство Аванпост-прим. 2003. - 561 с.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с.
3. Червинский, В.В. Моделирование САУ подогревом и охлаждением воздуха для установки промышленного кондиционирования воздуха / В.В. Червинский, А.В. Волочко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции в Воронежском государственном лесотехническом университете им. Г.Ф. Морозова (ВГЛТУ) 9-12 ноября 2015 г. № 7 часть 1 (18-1) С.217 - 220