

УДК 621.3.078

О.Н. Федонин, В.А. Хандожко, В.П. Матлахов

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ В СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ НА БАЗЕ ПРИБОРОВ ФИРМЫ «ОВЕН»

Рассмотрена система автоматического управления влажностью воздуха в сушильной камере. Представлен учебный стенд для управления влажностью в сушильной камере, спроектированный на базе приборов фирмы «ОВЕН», применяемых в условиях автоматизированного производства.

Ключевые слова: система автоматического управления, автоматизированное производство, учебный стенд, сушильная камера, влажность воздуха.

Сушка древесины – это процесс удаления влаги из древесины путем испарения. Целью сушки является превращение древесины из природного сырья в промышленный материал с улучшенными физико-механическими свойствами. Для количественной характеристики содержания влаги в древесине используют показатель «влажность» - отношение массы влаги к массе древесины в абсолютно сухом состоянии. Различают две формы воды, содержащейся в древесине: связанную и свободную. Связанная вода находится в клеточных стенках, а свободная содержится в полостях клеток и межклеточных пространствах. Связанная вода удерживается в основном физико-химическими связями, изменение ее содержания существенно отражается на большинстве свойств древесины. Свободная вода, удерживаемая только механическими связями, удаляется легче, чем связанная вода, и оказывает меньшее влияние на свойства древесины.

Процесс сушки связан с удалением связанной влаги; удаление свободной влаги на свойства древесины почти никакого влияния не оказывает. На практике по степени влажности различают древесину:

- мокрую ($W > 100\%$), длительное время находившуюся в воде;
- свежесрубленную ($W = 50-100\%$), сохранившую влажность растущего дерева;
- воздушно-сухую ($W = 15-20\%$), выдержанную на открытом воздухе;
- комнатно-сухую ($W = 8-12\%$), долгое время находившуюся в отапливаемом помещении;
- абсолютно сухую ($W = 0$), высушенную при температуре $t = 103 \pm 2^\circ\text{C}$.

Измерение влажности выполняют прямыми или косвенными методами. Прямые методы основаны на выделении тем или иным способом влаги из древесины (например, высушиванием). Эти методы простые, надежные и точные, но имеют недостаток - большую продолжительность процедуры. Этому недостатка лишены косвенные методы, основанные на измерении показателей других физических свойств, которые зависят от содержания воды в древесине.

В практике наиболее широко применяются следующие методы определения влажности воздуха: психрометрический, метод точки росы, гигроскопический и массовый, причем первый из них - самый распространенный. Психрометрический метод основан на измерении разности температур сухого и влажного термометров. Температура влажного термометра всегда ниже температуры сухого из-за испарения воды с поверхности фитиля. Чем суше воздух (влажность ниже), тем интенсивнее испаряется вода с поверхности фитиля, тем ниже температура увлажняемого термометра.

Существуют полуэмпирические психрометрические формулы, из которых выведена общепринятая формула относительной влажности:

$$\varphi = \frac{E_{\text{влаж}}}{E_{\text{сух}}} - \frac{Ap(T_{\text{сух}} - T_{\text{влаж}})}{E_{\text{сух}}},$$

где φ – относительная влажность воздуха, %; $E_{\text{влаж}}$ – максимально возможное парциальное давление водяного пара при температуре воздуха $T_{\text{влаж}}$, °С; $E_{\text{сух}}$ – максимально возможное парциальное давление водяного пара при температуре воздуха $T_{\text{сух}}$, °С; p – атмосферное давление; $T_{\text{сух}}$ – температура сухого термометра, °С; $T_{\text{влаж}}$ – температура влажного термометра, °С; A – психрометрический коэффициент (психрометрическая постоянная).

Психрометрический коэффициент A зависит от многочисленных факторов:

- размера и формы чувствительного элемента увлажнённого термометра;
- вида и состояния смачиваемого фитиля;
- температуры смачивающей воды и теплопроводности фитиля;
- влияния тепловой радиации.

Среди внешних факторов наибольшее значение имеет скорость воздушного потока, обдувающего увлажненный термометр. Если она больше 2,5 м/с, то коэффициент A приближается к величине $\sim 0,064$ 1/°С. Если обдува нет, то коэффициент A сильно возрастает, поэтому рекомендуется устанавливать принудительную вентиляцию. В приборах фирмы «ОВЕН» значение A устанавливается пользователем.

Психрометры дают достаточно высокую точность измерения по сравнению с гигроскопическим способом. Они измеряют относительную влажность благодаря физическому эффекту охлаждения при испарении. При данном способе измерения один термометр измеряет температуру окружающего воздуха. Другой термометр обертывают легкой гигроскопичной тканью в виде чехла, нижний конец которого опускают в сосуд с водой. Вода по чехлу, как по фитилю, поднимается к термометру и постоянно смачивает его. Происходящее испарение охлаждает термометр и при наступлении состояния равновесия. Влажность может быть подсчитана по показаниям сухого и влажного термометров с помощью психрометрической таблицы. При использовании точных термометров и положительной температуре воздуха возможно обеспечить точность измерения 1%. При отрицательной температуре точность показаний резко снижается из-за образования возле мокрого термометра корки льда; при $t < 0$ °С этим методом практически не пользуются.

Система автоматического управления влажностью воздуха в сушильной камере (рис. 1) включает звено сравнения, регулятор и объект управления. Задающее воздействие (сигнал управления) от управляющего устройства подается на звено сравнения, где сравнивается с сигналом обратной связи. Ошибка рассогласования подается на регулятор, осуществляющий управление объектом управления, в состав которого входят сушильная камера, датчики и исполнительный механизм. Объект управления подвергается внешнему возмущению со стороны техпроцесса.

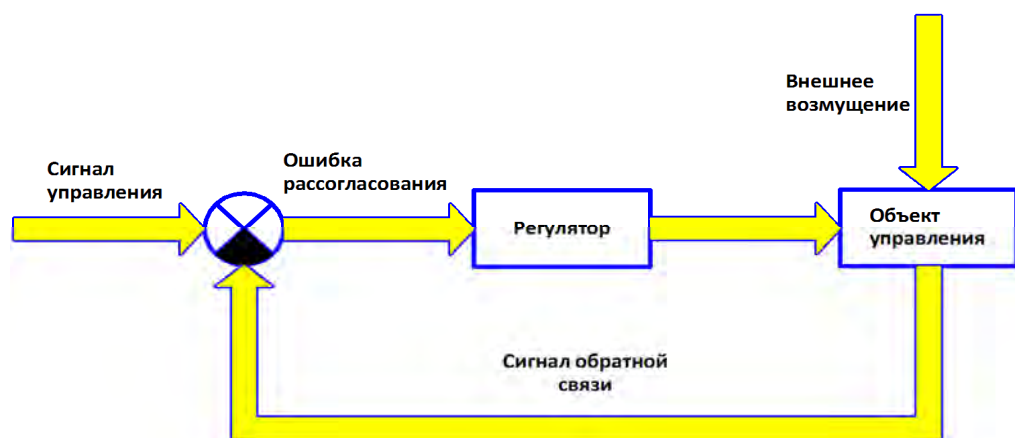


Рис. 1. Схема системы автоматического управления в сушильной камере

На базе данной схемы системы автоматического управления в лаборатории кафедры «Автоматизированные технологические системы» ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет» был создан стенд «Сушильный шкаф» (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид стенда «Сушильный шкаф» на базе приборов фирмы «ОВЕН»

Конструктивно стенд состоит из двух шкафов (рис. 2). Первый имитирует реальный сушильный шкаф. В нем смонтированы три электронных термометра, емкость с водой для мокрого термометра, испаритель и вытяжка. Оставшееся свободное пространство имитирует рабочий объем сушильной камеры. Второй шкаф является шкафом управления. В нем смонтированы блок питания, реле, переключатели, кнопки и регулятор. Структурная схема стенда представлена на рис. 3.

Основой стенда является микропроцессорный двухканальный измеритель-регулятор модели 2ТРМ1 фирмы «ОВЕН», который работает как двухпозиционный регулятор. Благодаря своим особенностям и функциональным возможностям они находят широкое применение практически в любых отраслях промышленности: пищевой, металлургической, машиностроительной, химической, нефтехимической, деревообрабатывающей, упаковочной, а также в энергетике и сфере жилищно-коммунального хозяйства. На сегодняшний день терморегуляторы ОВЕН представлены одно-, двух- и восьмиканальными приборами, а также реле-регуляторами. Относительная влажность задается диапазоном по психрометрической таблице: при достижении верхней границы включается вытяжка, осушает атмосферу в сушильном шкафу, при достижении нижней границы вытяжка выключается. Испаритель имитирует процесс сушки древесины. Влажность в сушильном шкафу повышается. Температура влажного датчика измеряется с помощью термометра сопротивления ДТС045-50М. Температура сухого датчика может измеряться двумя способами: с помощью термометра сопротивления ДТС045-50М или термопары ДТПЛ045. Выбор типа датчика происходит с помощью переключателя. Это позволяет студенту оценить точность измерения температуры различными датчиками. Сухие и влажный датчики температуры крепятся один над другим на расстоянии 50 и 100 мм, перпендикулярно стенке. Под влажным датчиком помещается стеклянная емкость с водой, в которую опускается увлажняющий фитиль, изготовленный из тонкой хлопчатобумажной ткани, закрывающей датчик. Для уменьшения площади испарения воды из емкости используется сужающийся сосуд.

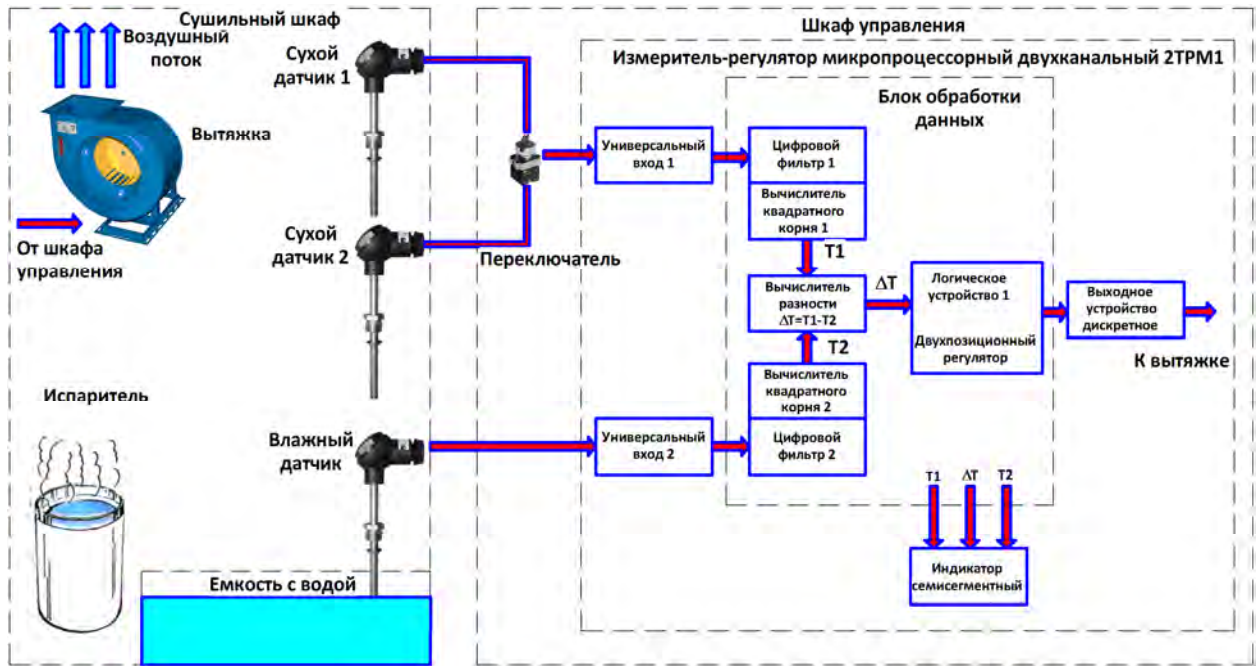


Рис. 3. Структурная схема стенда «Сушильный шкаф»

Для подключения термометров сопротивления к прибору 2ТРМ1 используется трехпроводная схема (рис. 4), которая позволяет уменьшить погрешность измерения, возникающую при изменении сопротивления проводов в результате измерения их температуры. Два провода подсоединяются к одному из выводов терморезистора R_t , а третий подключается к другому выводу R_t . При этом необходимо соблюдать условие равенства сопротивлений всех трех проводов. Термометры сопротивления могут подключаться к прибору с использованием двухпроводной линии, но при этом отсутствует компенсация сопротивления соединительных проводов и поэтому будет наблюдаться некоторая зависимость показаний прибора от колебаний температуры проводов.

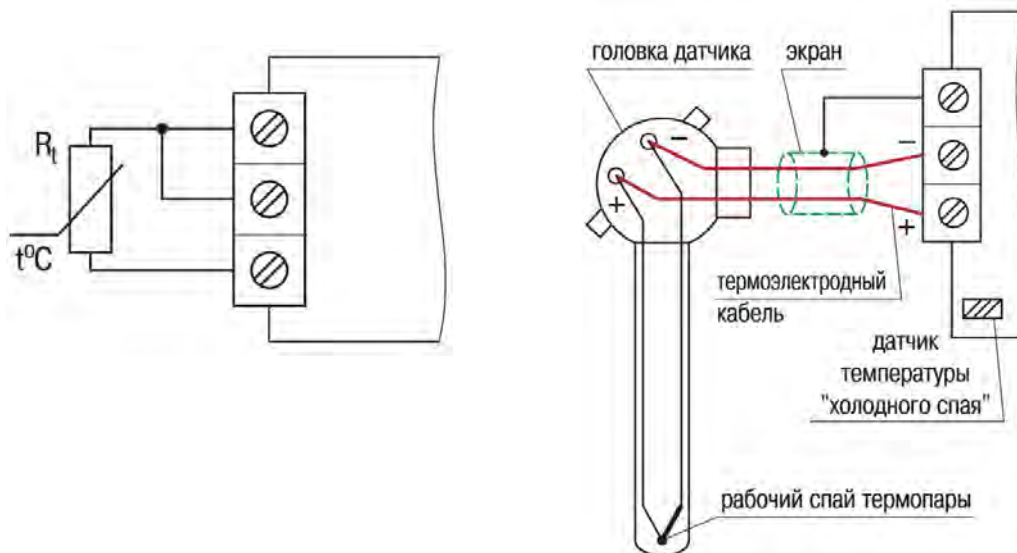


Рис. 4. Трехпроводная схема подключения термометров сопротивления и термопары к 2ТРМ1

Рабочий спай термопары измеряет температуру окружающей среды, а холодный спай подключается к входу прибора (рис. 4). Если температуры рабочего и холодного спаев различны, то термопара вырабатывает термоЭДС. Поскольку термоЭДС зависит от

разности температур двух спаев термопары, то для получения корректных показаний температуры необходимо знать температуру холодного спая. Термопара подключается к прибору 2ТРМ1 с помощью специальных компенсационных (термоэлектродных) проводов, изготовленных из тех же материалов, что и термопара. Допускается использовать провода из металлов с термоэлектрическими характеристиками, аналогичными характеристикам материалов электродов термопары в диапазоне температур 0...100°C. Во избежание влияния помех на измерительную часть прибора линию связи прибора с датчиком экранируют.

Терморегулятор ОВЕН 2ТРМ1 предназначен для измерения, регистрации или регулирования температуры теплоносителей и различных сред в холодильной технике, сушильных шкафах, печах различного назначения и другом технологическом оборудовании, а также для измерения других физических параметров (веса, давления, влажности и т. п.).

Основные функции измерителя приведены ниже [1]:

- два универсальных входа для подключения широкого спектра датчиков температуры, давления, влажности, расхода, уровня и т. п.;
- два канала регулирования или регистрации входной величины:
 - двухпозиционное регулирование;
 - аналоговое П-регулирование;
 - регистрация на токовом выходе 4...20 мА;
- цифровая фильтрация и коррекция входного сигнала, масштабирование шкалы для аналогового входа;
- вычисление и индикация квадратного корня из измеряемой величины (например, для регулирования мгновенного расхода);
- вычисление разности двух измеряемых величин и ее индикация (например, для поддержания влажности психрометрическим методом);
- импульсный источник питания 90...245 В, 47...63 Гц;
- встроенный источник питания 24 В для активных датчиков, выходных аналоговых устройств (ЦАП) и др. во всех модификациях прибора;
- программирование кнопками на лицевой панели прибора;
- сохранение настроек при отключении питания;
- защита настроек от несанкционированных изменений.



Рис.5. Внешний вид измерителя-регулятора модели 2ТРМ1

Внешний вид 2ТРМ1 представлен на рис. 5. 4-разрядный индикатор в режиме «Работа» отображает значения измеряемых величин: T1 (температура сухого датчика), T2 (температура мокрого датчика) или их разности ΔT . Возможны различные режимы индикации: ручное или автоматическое переключение T1/T2 или T1/T2/ ΔT . Для смены каналов, выводимых на индикатор, используются кнопки «Вверх» и «Вниз». Они же используются для увеличения или уменьшения значений параметров в режиме программирования. Светодиоды «I», «II» и « ΔT » индицируют о выводе на индикатор соответствующего канала измерения (непрерывная засветка) и об аварии на входе (мигающая засветка). О работе дискретного выходного устройства (вытяжки) сигнализирует светодиод «K1».

Кнопка «ПРОГ.» используется для входа в режим программирования, а также для записи установленных значений программируемых параметров (температуры уставки и

гистерезиса) в энергонезависимую память прибора. Светодиод «Г» сигнализирует об уставке температуры, светодиод «Δ» - о гистерезисе двухпозиционного регулятора.

Все параметры программирования делятся на три группы. В первую группу входят основные параметры регулирования: уставка и гистерезис двухпозиционного регулятора. В группу А входят параметры, описывающие логику работы прибора, в группу б – параметры, описывающие измерения и индикацию [2]. Параметр А1-1 задает режим работы логического устройства (ЛУ) («холодильник»). Параметр А1-2 задает сигнал на входе ЛУ (разностный сигнал ΔT , зависящий от относительной влажности). Код типов датчиков программируется с помощью параметров b1-0 и b2-0.

Цель создания стенда – это углубление теоретических знаний и приобретение практических навыков студентами по таким дисциплинам кафедры, как «Теория автоматического управления», «Автоматизация управления жизненным циклом продукции» и «Автоматизированные информационно-управляющие системы». В частности, на стенде можно выполнять лабораторные работы по изучению аналого-дискретных систем автоматического управления, аппаратному обеспечению автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и программированию системы автоматического управления относительной влажностью на основе психрометрического метода измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеритель-регулятор двухканальный ОВЕН 2ТРМ1. - Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/67282676>.
2. 2ТРМ1. Измеритель-регулятор микропроцессорный двухканальный. Руководство по эксплуатации. – М.: ОВЕН, 2011. – 89 с.

Материал поступил в редколлегию 5.06.14.